ganz1912

DIVULGACIÓN PARA DIVULGADORES

LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA COMO LITERATURA

ANA MARÍA SÁNCHEZ MORA

DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ganz1912

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

BREVE HISTORIA DE LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA DEL SIGLO XVII AL XVIII

BREVE HISTORIA DE LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA DEL SIGLO XIX AL XX

UNA MIRADA A LA DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS

EL PROBLEMA DE LAS DOS CULTURAS

CLÁSICOS DE LA DIVULGACIÓN

LITERATURA, CIENCIA Y DIVULGACIÓN

EL LECTOR Y EL TEXTO DE DIVULGACIÓN

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

COMO LITERATURA

ganz1912

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

José Narro Robles
Rector

Eduardo Bárzana García
Secretario General

Leopoldo Silva Gutiérrez
Secretario Administrativo

Francisco José Trigo Talavera
Secretario de Desarrollo Institucional

Carlos Arámburo de la Hoz
Coordinador de la Investigación Científica

José Franco López
Director General de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia

DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

José Franco López
Director General

Rolando Ísita Tornell
Director Académico

Rosanela Álvarez Ruiz
Jefa del Departamento de Libros

LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

COMO LITERATURA

DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DGDCUNAM

Divulgación de la Ciencia

Colección Divulgación para Divulgadores
Dirigida por Ana María Sánchez Mora

COMITÉ EDITORIAL
Susana Biro Mc Nichol
Ma. del Carmen Sánchez Mora
Alejandra Sánchez Vázquez
Juan Tonda Mazón

Asistentes editoriales: Kenia Salgado Sánchez / Paula Buzo Zarzosa
Diseño y formación: Susana Tapia Contreras

ganz1912

Primera edición, 1998
Primera reimpresión, 1999
Segunda reimpresión, 2000
Tercera reimpresión, 15 de septiembre, 2011
Primera edición electrónica, 1 de junio, 2015
D.R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO,
Av. Universidad 3000, Ciudad Universitaria
col. Universidad Nacional Autónoma de México
Coyoacán, 04510, México, D.F.
Dirección General de Divulgación de la Ciencia

Imagen de portada: Levantamiento del agua mediante máquinas (grabado), Leonardo Da Vinci, Códice Atlántico, vol. 1, folio 26.

ISBN 978-607-02-6682-9

Esta edición y sus características son propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Hecho en México / Made in Mexico

ADVERTENCIA

El contenido de este libro, escrito hace 17 años, no ha perdido actualidad. Sin embargo, en algunas ocasiones hace referencia a "este siglo". Se trata del XX, aunque a escasos dos años de convertirse en XXI.

ganz1912

INTRODUCCIÓN

La ciencia es una creación humana que desempeña un papel indiscutible en el proceso de civilización; es una actividad intelectual cuyos resultados repercuten en todos los ámbitos de la existencia. La ciencia es parte de la cultura. Sin embargo, en general se tiene la imagen falsa de que la ciencia es una labor ajena a las demás actividades humanas. ¿Cómo surge esta tajante división entre ciencias y humanidades? Todavía hasta fines del siglo XIX, cualquier persona culta podía leer, al igual que una obra literaria o filosófica, una gran variedad de obras científicas. El conocimiento científico formaba un solo cuerpo al que se llamaba filosofía natural, y el acceso a este conocimiento

se efectuaba verbalmente; existía una comunicación textual entre científicos y legos. Desde el inicio del siglo XX , y más notablemente a partir de la Segunda Guerra Mundial, la ciencia, en su avance, emplea cada vez menos el lenguaje del "sentido común". A finales del siglo XX , esta comunicación ya presenta un abismo que parece infranqueable: el lenguaje superespecializado de la ciencia moderna.

La divulgación de la ciencia[1] pretende, dejando por el momento de lado el cómo, hacer accesible ese conocimiento superespecializado. No se trata de una traducción en el sentido de un traslado de un idioma a otro, sino de tender un puente entre el mundo de la ciencia y los otros mundos. Si aceptamos que es incuestionable la importancia de la ciencia, la importancia de tal comunicación no lo es menos, pues es el canal que permite al público lego la integración del conocimiento científico a su cultura.

Si bien es cierto que entre la divulgación y la enseñanza convencional no hay una frontera bien definida, puede decirse que la enseñanza, al plantear los conceptos, lo hace (o por lo menos, lo intenta) enfatizando el ideal del método científico, aunque hay que hacer notar que con ello no necesariamente ha salido beneficiada. La transposición didáctica, es decir, el paso del conocimiento como producto primario de la investigación científica al conocimiento que ha de enseñarse, debe tomar en cuenta la riqueza de los procesos reales de la elaboración del conocimiento primario; de otro modo, la transposición será una degradación, y lo mismo puede ocurrir con la divulgación.

La distinción entre el texto científico y el de divulgación tampoco es tajante; hay puntos en que ambos discursos se tocan y hasta confunden[2] pero su intención es distinta, por lo que los recursos de que deben disponer son distintos. Mientras que la ciencia tiene para apoyarse y darle sentido a sus conceptos de

todo un acervo de técnicas, de metodologías teóricas y prácticas, y diversos tipos de lenguaje –fundamentalmente el matemático–, la divulgación debe, en cierto sentido, prescindir de ello y utilizar solo las herramientas del lenguaje natural para recrear los conceptos de la ciencia, reproducir las imágenes, usar los modelos y rescatar el espíritu del conocimiento científico.

La divulgación de la ciencia puede o no hacer énfasis en el método científico pero, como luego veremos, los recursos de que echa mano pertenecen más a la literatura que a la ciencia. Esta idea de que la divulgación tiene más nexos con la literatura que con la ciencia es netamente personal, y lo aclaro porque una gran parte de los científicos y divulgadores sustenta la postura contraria. Los que pretenden que la divulgación debe ser pura información, una especie de "noticias científicas" pero expresadas en palabras llanas, ciertamente no encuentran ninguna relación entre divulgación y literatura. Yo creo que la imaginación del lector se compromete con la originalidad, y que tratar un tema científico con el concepto creativo de la literatura, en el sentido de una forma de expresión personal e innovadora, debe ser el ideal de la obra de divulgación. Independientemente del tema científico, la obra debe provocar placer en el lector.[3] Por otro lado, la divulgación debe ser fiel al mensaje científico, es decir transformar sin desvirtuar, y por ello debe utilizar con cautela los recursos literarios, pues su aplicación tiene límites, problema que trataremos posteriormente.[4]

Así como el estudio de la literatura no hace mejor al escritor como creador, el análisis de esos recursos por parte del divulgador no garantizará el éxito de su labor. Sin embargo, el divulgador ni siquiera tiene acceso, ya no digamos a un cuerpo teórico, a un método sistemático que le permita una reflexión seria sobre los procesos de recreación involucrados, y en

particular sobre el uso de los recursos. En la literatura interviene un texto especial: el de la crítica. Esto quiere decir que existe un objeto, la obra literaria o literatura, y otra literatura que problematiza aspectos de la primera. En el caso de la divulgación, tenemos un objeto de la ciencia que es descrito en términos especiales que logran capturar la atención, la imaginación y la creatividad del lector, pero hasta ahora no ha sido planteado el "problema de la divulgación" como se ha hecho con la literatura.

El problema de la divulgación de la ciencia es uno de gran complejidad. Atacarlo es tan difícil como apuntar a un blanco móvil. La divulgación es una labor que no admite una sola definición, que además cambia según el lugar y la época. Para unos, divulgar sigue siendo traducir; para otros, enseñar de manera amena o informar de forma accesible. Se dice también que divulgar es tratar de reintegrar la ciencia a la cultura.

Optemos por una definición operativa: divulgar es recrear de alguna forma el conocimiento científico. Entonces resurge el "cómo" que habíamos dejado de lado, y he aquí que no existe consenso alguno. ¿El fin de la divulgación es didáctico, estético, recreativo o de otro tipo? ¿La divulgación nace con la propia ciencia, o surge cuando la ciencia se superespecializa? ¿Se hace la misma divulgación en alemán, en francés o en inglés? ¿Es igual la divulgación que hace un practicante de la ciencia que la que hace alguien que no la practica? Si divulgar es recrear, ¿cuánta debe ser su profundidad?, ¿para quién se recrea? Y peor aún, ¿cuándo se considera que tiene éxito? ¿Cómo son recibidos por el lector los textos de divulgación?

Luego de 14 años de experiencia en el campo de la divulgación escrita me percaté que de todas esas interrogantes podía dar respuesta, meramente intuitiva, a unas cuantas. Por otra parte, la revisión constante de la hasta ahora escasa

bibliografía sobre el tema de la divulgación me hizo notar que existen tres vertientes al respecto: la de los comunicólogos, cuyo interés principal es la transmisión de un mensaje y los procesos que intervienen (corriente muy aceptada en lengua francesa); la de los popularizadores[5] de la ciencia, con interés fundamental en los productos (más trabajada en lengua inglesa); y la corriente de la integración de la ciencia y las humanidades, donde me sitúo.

De esa revisión bibliográfica también me quedó claro que existen más obras dedicadas al problema del alejamiento de las ciencias y las humanidades que a su solución: la divulgación de la ciencia.

Todas las consideraciones anteriores me impulsaron a buscar un método aplicable al estudio de la divulgación escrita. Y estoy convencida de que, por las ideas que he expuesto, las nuevas teorías de la literatura podrían ayudar a responder algunas interrogantes.

Dentro de la literatura comparada he tenido la oportunidad de revisar teorías y escuelas que analizan el texto literario desde muchos ángulos: histórico, social, político, psicoanalítico, estructural y lingüístico, entre otros. De todas ellas, la que más me llamó la atención es la teoría de la recepción, que considera al lector como uno de los polos de la obra literaria, el elemento que concreta el texto creado por el autor. Esta sola idea sirvió para hacerme consciente de uno de los problemas mayores que está latente en el análisis de la divulgación de la ciencia. ¿Qué es lo que hace que un texto de divulgación sea atractivo para el lector, que le aporte algo más que mera información, que lo haga suyo; en otras palabras, que tenga éxito? "A la hora de considerar una obra literaria ha de tenerse en cuenta no solo el texto en sí, sino también, y en igual medida, los actos que lleva consigo el enfrentarse a dicho texto." Esta postura, expresada

por Wolfgang Iser, es de suma importancia para la divulgación, pues de olvidarse del receptor, se arriesga a perder su sentido primordial: comunicar.

Por otra parte, todo texto escrito impone ciertos límites a sus implicaciones. El texto de divulgación, muy especialmente, tiene, como ya mencioné, una limitación: un compromiso con la fidelidad al concepto científico. ¿Cómo puede el divulgador salir adelante con ese compromiso si la abstracción de la ciencia, en palabras de George Steiner "ha dividido la experiencia y la percepción de la realidad en dominios separados"? Los conceptos científicos expresados en forma matemática dan una imagen del mundo que no puede ya expresarse mediante una estructura verbal; hay un rompimiento con el lenguaje del "sentido común". En particular, muchos conceptos de la física moderna no son accesibles mediante la palabra. Más aún, este abismo de comunicación es tan grave entre las distintas ramas de la ciencia como lo es entre ciencias y humanidades, o entre científicos y legos. Hay quienes mantienen que no tiene sentido tratar de encontrar puentes entre ambos mundos, tratar de explicar al lego los conceptos de la realidad de la ciencia moderna. Yo creo que sí lo tiene, aunque acepto que hacerlo mediante metáforas aproximadas o trivializaciones es extender la falsedad y alimentar la ilusión de que se ha comprendido.

La física suele (con buenos resultados) atacar los problemas complejos estudiando sus partes por separado para luego unir las soluciones. Siguiendo esta línea, me limitaré a tratar la cuestión antes esbozada sobre la relación de la buena divulgación con la literatura, relación en la que descansa, según trataré de probar, el éxito de un texto de divulgación. Me referiré preferentemente a textos de divulgación de la física, en lengua inglesa,[6] publicados entre 1940 y 1990. Para ubicar estos límites de idioma, tiempo y espacio, haré primero una breve

revisión histórica de la divulgación de la ciencia, no exclusiva de la física aunque sí de las llamadas ciencias naturales.

Notas

[1] En este trabajo, con la expresión "divulgación" me referiré exclusivamente a la que se hace por escrito. La divulgación que utiliza otros medios tiene otros logros, distintos alcances y diferente problemática; aun así, cualquier trabajo de divulgación tiene como base un texto escrito. No obstante, como en seguida se verá, "escritura" no es sinónimo de "literatura".

[2] Lo cual no significa, por supuesto, que ciencia y divulgación se confundan.

[3] Hay una cierta tendencia en algunos medios a confundir el placer con la diversión, idea completamente ajena a este ideal.

[4] Cabe aquí dejar sentado que la "fidelidad" al concepto científico no debe entenderse en el sentido de que las verdades que ofrece la ciencia son absolutas. La ciencia y el arte son diferentes formas de descubrir el mundo, diferentes verdades, con métodos, ambientes y lenguajes propios. Pero lo que llamamos divulgación de la ciencia tiene por materia esencial las verdades de la ciencia.

[5] De aquí en adelante emplearé "divulgación" como traducción del término inglés popularization.

[6] Esta preferencia se debe tanto a la calidad como a la cantidad de textos, productos de la tradición científica de los países de habla inglesa.

BREVE HISTORIA DE LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA DEL SIGLO XVII AL XVIII

Reconstruir la historia de un asunto tan complejo como es la divulgación de la ciencia no podía sino empezar con obstáculos. La pregunta ¿cuándo se inicia la divulgación de la ciencia? nos traslada de inmediato al terreno problemático de la definición. Como ya mencioné en la introducción, no existe un consenso; sin temor a exagerar, podría decirse que cada divulgador tiene su definición de divulgación, que si bien puede coincidir con otros en el producto final, no necesariamente lo hace en cuanto a método y enfoque. Si nos apegamos a nuestra "definición operativa", es decir, la divulgación es una recreación del

conocimiento científico para hacerlo accesible al público , por lo menos tenemos un punto de partida.

Dejemos para la parte literaria el análisis de lo que "recreación" pueda significar y enfoquemos nuestra atención en la frase "para hacerlo accesible al público". Esta nos habla de una intención hacia un público alejado de la ciencia o de algunas de sus ramas. El hilo que seguiremos en esta historia será el de ese alejamiento, idea que lleva implícita la evolución del concepto de divulgación, que corre paralela a la transformación del lenguaje científico.

Luis Estrada, premio Kalinga de la UNESCO, sostiene que la divulgación nace con la propia ciencia. Obviamente se refiere a la ciencia moderna, que se libera de las concepciones aristotélicas; la que se basa en la unión de experimento y teoría. La primera revolución científica se inicia desde el momento en que Galileo y sus contemporáneos comprenden que los dos métodos de interrogar a la naturaleza, el empírico y el lógico, no tienen sentido separados. La ciencia se vuelve una forma impersonal de mirar el mundo, forma que requiere de un nuevo lenguaje simbólico para describir el Universo.

El lenguaje de la ciencia

La ciencia es una actividad que atañe a toda la sociedad, aun cuando en su división de labores traslade la responsabilidad de esta actividad a unos cuantos. ¿Qué es lo que hace que se considere a la ciencia y a su comunicación como una actividad diferente a las demás desde el punto de vista cultural?

Hasta el siglo XVII la esfera del lenguaje común abarcaba casi por completo experiencia y realidad; hoy día abarca un dominio reducido. En los procesos de observación, experimentación e interpretación lógica, la ciencia, en particular

la física, ha ido abandonando la descripción y la representación literales de la realidad para entrar a una mayor abstracción que ha dado lugar a un simbolismo de principios. La tendencia a unificar ha triunfado sobre la tendencia a la representación intuitiva y esquemática. La síntesis que es posible lograr mediante los conceptos de ley y relación ha demostrado ser más valiosa que la aprehensión en términos de objetos y cosas.

El método científico de representar cosas es en gran medida simbólico y no literal. La ciencia es una forma simbólica, un modo diferente a otros de captar y expresar el mundo. La estructura fisicomatemática producto de la ciencia no es el mundo mismo; es una esfera intermedia entre el mundo y nuestra percepción.

La ciencia es esencialmente hipótesis; no trata con seres reales intuibles, sino con sistemas formales de relaciones. Ninguna oración o proposición que entre en el discurso de las ciencias naturales describe o se refiere directamente a un dato inmediato de la experiencia sensible. La oración más simple en ese discurso se refiere a otras oraciones. Esto no significa que la ciencia abandone la experiencia. Parte de objetos observables y quiere deducir de sus conceptos o teorías objetos y sucesos que pueden observarse. No se ha cortado la relación con la experiencia sensible, sino que el vínculo se hace cada vez más tenue e indirecto.

Como método, como forma simbólica de interpretar la realidad, la ciencia obra por medio de abstracciones de largo alcance hechas para sus particulares propósitos. Los simbolismos de la ciencia, al igual que los de cualquier otra región de la experiencia humana, son construcciones ideales condicionadas por la comunidad de forma subjetiva. Pero en la medida en que estas estructuras formales carecen de una conexión directa con los sentidos, parecen ajenas a la

experiencia común. Y este simbolismo, aun cuando ayuda a los científicos a expresarse con mayor claridad y brevedad, tiene la desventaja de erigir una serie de lenguajes particulares o jergas que apartan a la ciencia, efectivamente y a veces de un modo deliberado, del hombre ordinario. Es en este sentido que, según Steiner, el mundo de las palabras se ha encogido y que "es imposible parafrasear los conceptos de la ciencia moderna".

Dice C. P. Snow en Las dos culturas que una persona que no ha leído a Shakespeare es tan inculto como quien ignora la segunda ley de la termodinámica. Sin embargo, las ciencias y las artes no son respectivamente tan inaccesibles o accesibles como mucha gente piensa. Las dificultades que todos tenemos para entender la literatura, la música y la pintura modernas no son despreciables. Son evidencia de la falta de un lenguaje amplio y general en nuestra cultura, tanto como lo son las dificultades para comprender las ideas básicas de la ciencia moderna. Con Goethe, la ciencia y las artes compartían el mismo lenguaje. Ya no parecen hacerlo, y la razón es que comparten el mismo silencio. El propósito de la divulgación es tratar de rehacer ese lenguaje universal que pueda unir humanidades, arte y ciencia para un entendimiento común.

Galileo divulgador

Galileo logró formular una descripción matemática del movimiento de los cuerpos que quedó expuesta por entero en sus Diálogos acerca de dos nuevas ciencias, donde cuestiona todas las concepciones aceptadas sometiéndolas a prueba por medio del nuevo método, el método experimental.

La invención de la imprenta le había quitado a la ciencia algo de su carácter privado; el trabajo escrito podía diseminarse rápidamente y la ciencia se volvió un asunto más público.

Galileo se propuso difundir el sistema de Copérnico, que ya había sido condenado por la Iglesia. El Papa no iba a permitir que la doctrina copernicana fuese admitida abiertamente, pero había otra manera de hacerla pública: Galileo comenzó a escribir en italiano el Diálogo concerniente a los dos principales sistemas del mundo en 1624. Terminó los Diálogos acerca de dos nuevas ciencias en 1636, cuando ya sufría el proceso llevado en su contra por la Iglesia.

Stephen Jay Gould, uno de los grandes divulgadores de la actualidad, menciona en el prefacio a su libro Bully for Brontosaurus[7] que la divulgación remonta sus orígenes a San Francisco de Asís, quien podía comunicarse con los animales, y a Galileo, quien decidió escribir sus dos grandes obras en italiano en lugar de hacerlo en el latín formal de la Iglesia y las universidades. Su definición de divulgación es más poética que práctica: por parte de los científicos, un deseo de compartir con otros el poder y la belleza de sus campos de conocimiento.

Si con Galileo nace la ciencia moderna, entonces nos sentimos tentados a suponer que en efecto sus diálogos son la primera obra de divulgación. El argumento que se utiliza es que la ciencia en aquel entonces se escribía en latín, de modo que solo cierta capa de educados podía tener acceso al conocimiento. Al escribir en italiano, parecería que Galileo está considerando no solo a sus colegas, sino al resto del público. Pero ¿realmente está divulgando para un público ajeno a la ciencia?

Los diálogos, escritos como una conversación entre maestro y alumnos, corresponden a una forma discursiva muy en uso durante el Renacimiento, un recurso utilizado por Galileo con tendencia claramente didáctica y retórica. En los diálogos no se defiende abiertamente el sistema de Copérnico, pero Galileo pone los argumentos en favor de Tolomeo en boca de Simplicio, personaje que evidentemente no goza del respeto del autor. Sin

embargo, del contenido propiamente no podemos inferir que la intención de Galileo fuese divulgatoria en el sentido más amplio. Aun escrita en italiano, la teoría de Copérnico no era fácil de entender. La explicación de cómo la Tierra puede viajar alrededor del Sol en un año, o rotar sobre su eje en un día y no salir volando por el espacio no era directa. La nueva mecánica tampoco era fácil; no era claro, por ejemplo, cómo es que un peso que se deja caer de una torre cae verticalmente a una Tierra que rota. Las definiciones que Salviati enuncia en los Diálogos acerca de dos nuevas ciencias son bastante oscuras:

El tiempo en que cualquier espacio es atravesado por un cuerpo que parte del reposo y acelera uniformemente, es igual al tiempo en que ese mismo espacio sería atravesado por dicho cuerpo moviéndose con una velocidad uniforme cuyo valor es el promedio entre la mayor velocidad y la velocidad que tenía justamente antes de empezar a acelerar.

Mi opinión es que no solo en su época, sino hoy día, los diálogos únicamente se entienden cabalmente con una sólida preparación en mecánica. En todo caso, la suya era una divulgación para conocedores, no necesariamente físicos, aunque sí personas cultas.

Muy a pesar de la Iglesia, el conocimiento se difundió. Mientras Kepler en el norte de Europa había logrado la descripción del movimiento planetario, Galileo en Italia había derrocado por fin las concepciones físicas de las obras de Aristóteles. Cuando la Royal Society se fundó en Inglaterra ya estaban superadas las complicadas ideas griegas sobre el movimiento. Aún no había nuevas leyes del movimiento; eso quedaba para Newton. Pero las de Galileo ya eran buenas

descripciones de cómo y dónde se mueven las masas, y no de dónde "deberían querer moverse".

Las sociedades científicas y las publicaciones

Para 1670 ya se habían fundado la Académie Royale y la Royal Society, con la convicción de que la ciencia podía ser útil y con una clara tendencia práctica que se manifestaba en el trabajo experimental. Hombres como Huygens, los Bernoulli y Fontenelle, científicos y divulgadores, artistas y escritores, se congregaban para compartir los nuevos intereses y los hallazgos. Como los miembros de la Académie Royale y de la Royal Society no eran solo científicos, no había una barrera entre sus inclinaciones y las de los demás. El obstáculo que podía representar el dominio o no de la matemática no era visto como insuperable, y muchas discusiones podían prescindir del lenguaje matemático.

La publicación del trabajo científico para darlo a conocer a otros fue un invento del siglo XVII. Empezó como correspondencia primero entre científicos y luego entre científicos y editores, quienes se convirtieron en una especie de árbitros del intercambio de información científica. La Philosophical Transactions de la Royal Society, una de las primeras revistas científicas, fue la recopiladora inicial del conocimiento nuevo; estableció el patrón según el cual el científico da a conocer su trabajo cuando lo publica en un artículo científico.

Las siguientes líneas se deben a J. Bronowski:

La publicación de resultados exige un simbolismo simple y comprensible que todos los científicos puedan compartir. Las matemáticas proporcionan ese simbolismo y por tanto, la

notación matemática quedó establecida como forma de comunicación estándar. [...] Sin embargo, hay algo más importante que un simbolismo formal: el trabajo científico, para ser comprendido, requiere de una clara expresión en palabras. En esto hizo hincapié la Royal Society desde sus inicios. [...] A los miembros de la Royal Society se les exhortaba a reportar sus hallazgos "sin amplificaciones, sin digresiones ni estilos inflados; a volver a la pureza primitiva y a la brevedad, cuando los hombres enunciaban tantas cosas casi con igual número de palabras".

Lo que la Royal Society deseaba era obligar "a todos sus miembros a hablar en un estilo natural, próximo, llano; de expresiones positivas; de sentidos claros; sin afectaciones; trasladar todas las cosas, tanto como les fuera posible, a la sencillez matemática".

La influencia de Newton

Los temas en los que se interesaron los científicos agrupados en las sociedades durante el último tercio del siglo XVII, como lo muestra la Philosophical Transactions, abarcaron casi todos los aspectos de la naturaleza y de la vida práctica. Pero el interés central y el mayor triunfo científico del siglo XVII lo constituyó la integración de un sistema general de la mecánica, obra de Newton.

La generación que siguió a Newton lo erigió en uno de sus héroes. Los principios de la mecánica newtoniana se generalizaron y los filósofos aclamaron el triunfo de la nueva ciencia, propagando un nuevo orden racional basado en el mundo que Newton había establecido. Todo el panorama intelectual del siglo se tiñe del juego entre razón, ciencia y

naturaleza; la filosofía natural newtoniana se refleja en los escritos literarios, en los sistemas metafísicos y en los estudios teológicos y morales. Un ejemplo es Pablo y Virginia, de Saint-Pierre, donde se relata el experimento del hombre que busca en su ambiente natural las leyes que rigen su propia existencia, la del mundo y la del Universo.

Diversos pensadores hicieron accesible la obra de Newton al público general, entre otros Fontenelle con su Elogio de Newton, muy leído en la Europa de aquellos días, y Voltaire, en obras como las Cartas filosóficas, de 1734, y sus célebres Elementos de la filosofía de Newton, de 1738, que fueron pronto vertidos al inglés y al italiano. Los ensayos de divulgación se multiplican y aun Rousseau, en 1738, escribe una breve memoria sobre Newton para el Mercure de France, que no llega a publicarse. Algarotti lo divulgó en una versión popular italiana, Newtonianismo per le dame (Newtonianismo para damas), de 1734, obra de éxito. En Alemania, Euler ataca el asunto en sus Cartas a una princesa de 1768.

La noción de que la naturaleza era una formidable maquinaria causó efervescencia intelectual. En esto no hay que olvidar la influencia previa de Descartes, quien basó su método en la reducción de lo complejo a lo simple, uno de cuyos aspectos era la reducción de lo fenoménico a lo mecánico.

La ciencia se puso de moda, ya fuera para iniciar una colección de mariposas o un álbum de plantas, ordenar prismas o construir un telescopio propio. A la dama favorecida ya no se le regalan vulgares ramilletes de flores, sino raros insectos para su colección. La aristocracia se sitúa a la vanguardia de la moda y la realeza contrae la fiebre científica. En los salones del siglo XVIII las damas nobles hacen, como dice Alfonso Reyes, divulgación social. La condesa de Borromeo, Mme. du Châtelet y

la duquesa d'Aiguillon difunden a Newton. La clase media entra también a la moda, sin que la juventud se quede fuera.

Una causa del auge del nuevo pasatiempo era que los periódicos dedicaban mucho espacio a reseñar libros sobre ciencia; se producía una enorme cantidad de impresos, una multitud de libros anunciando nuevos descubrimientos.

Como se habla tanto en los diarios de Europa del éxito logrado por el experimento de Filadelfia para atraer la electricidad de las nubes por medio de varillas puntiagudas que se colocan en los edificios altos, al lector curioso le interesará saber que el mismo experimento se ha hecho con buen éxito de una manera diferente y más sencilla [...] (Carta de Franklin a Collinson, 1752).

Por cierto, el renovado interés por las colecciones sirvió para iniciar la formación de museos, y los curadores constituyeron nuevos grupos de científicos. Se fundaron en muchos países, casi al mismo tiempo, academias de ciencia.

La Enciclopedia

Del siglo XVIII, el fruto más representativo de la conjunción de la actitud empírica de Inglaterra y el deseo de cambio de Francia es la Enciclopedia. Esta obra abarcaba no solo los logros tecnológicos sino el estado general de la cultura contemporánea. Diderot declaró expresamente que el propósito de la Enciclopedia no era tanto comunicar un cuerpo definido de información como producir un cambio en la manera de pensar. En el "Discurso preliminar de los editores", redactado por D'Alembert, se considera que la obra, como enciclopedia, debía exponer en lo posible el orden de los conocimientos

humanos, y como diccionario, contener los principios generales de cada ciencia y cada arte. Este orden de los conocimientos era el que la concepción newtoniana había revelado en el mundo físico y que otros pensadores estaban tratando de descubrir en las esferas biológica, histórica y moral.

La Enciclopedia francesa comprendía unos 60 000 artículos debidos a unos 160 colaboradores y su primera edición, dirigida por Diderot, apareció entre 1751 y 1772. Era un ejemplo del tipo de divulgación que fue característica de la Ilustración. Así como en el dominio de las ideas el espíritu de los tiempos tendía a la divulgación de la filosofía, en el dominio del conocimiento, en lugar de mantener alejado al lego, se trataba de atraerlo. Lo recóndito, lo esotérico o lo abstruso no eran del gusto de la época, actitud que compartían los intelectuales y la clase media preparada.

"La gente desea estar bien informada, pero tomándose la menor molestia posible; esta es la cosa más notable de nuestra época" dice un editor en 1715. Proliferaron los breviarios, diccionarios y vademécums. El tratamiento que dieron los diccionarios a las ciencias y las artes no requería conocimiento preparatorio por parte del lector. Informaban lo que era esencial saber y eliminaron la terminología erudita, de manera que nadie se veía en desventaja. Trasladaban todas las citas al lenguaje vernáculo, evitando los "jeroglíficos". La obra resultante podía estar en la biblioteca de la persona ordinaria y en la del especialista.

La meta de la Enciclopedia fue ser al mismo tiempo erudita y popular, una combinación que hoy día suponemos imposible. Con el correr del siglo XIX el avance de la ciencia, su ramificación y la especialización resultante echaron por tierra el ideal del hombre universal.

Nota

[7] Traducido como Brontosaurus y la nalga del ministro, aunque una mejor traducción hubiera sido Bravata contra el Brontosaurio.

BREVE HISTORIA DE LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA DEL SIGLO XIX AL XX

Durante el siglo XVIII el ideal renacentista del hombre universal aún era posible; pensemos tan solo en Diderot, Franklin, Priestley y Goethe. Hacia fines de ese siglo la filosofía natural era parte integrante de la cultura de cualquier persona educada.

A principios del siglo XIX las sociedades científicas eran todavía generales y cubrían todas las ramas de la filosofía natural; en sus sesiones se podían leer y escuchar trabajos sobre cualquier aspecto de la ciencia. Para fines del mismo siglo, el panorama había cambiado drásticamente. Los científicos se

aislaron de las humanidades, y la ciencia se convirtió en una segunda cultura. Como resultado, ambas culturas se empobrecieron.

La especialización de la ciencia y su lenguaje

Durante el siglo XIX la ciencia alcanzó su madurez; se establecieron los límites entre sus ramas, que se especializaron, aunque por otro lado fue una época de grandes síntesis como las leyes de la termodinámica y la teoría de la evolución.

La ciencia, aunada a la tecnología, produjo cambios patentes no solo en la concepción del mundo sino en la vida cotidiana. Su visión era optimista y sus frutos fueron reconocidos. Y como práctica, lo que en algún momento pudo ser únicamente un pasatiempo se transformó en una respetada profesión.

El papel destacado que la ciencia llegó a tener invistió a sus practicantes con un halo de superioridad, al tiempo que se volvió paradigma de las otras formas de vida intelectual. Los convencionalismos se endurecieron y el entrenamiento se tornó dogmático; la "verdad" cambió de manos, de la doctrina religiosa a la doctrina científica.

La especialización trajo consigo un cambio en el lenguaje científico. Como ya dijimos, la dificultad de comunicación entre científicos y legos radica usualmente en que no existe un lenguaje común que permita a ambas partes hablar sobre ideas científicas. Si bien el lenguaje de la ciencia se traslapa con el de la vida cotidiana, desde fines del siglo XIX palabras como "campo", "elemental" y "familia", por dar un ejemplo, se utilizan con diferente sentido. La especialización además dio lugar a una brecha entre lenguajes, y así las palabras entrecomilladas no significan exactamente lo mismo en física, química o biología. Pero lo más importante es que al aumentar el grado de

abstracción de la ciencia, esas mismas palabras no pueden describir de manera completa y sin ambigüedad el concepto matemático que nombran.

En el terreno de la ciencia, incluso un lenguaje aparentemente descriptivo lleva implícita una selección de las características a describir, selección que de antemano está influida por la teoría. Dicho de otra manera, el lenguaje científico contiene una carga teórica que refleja una visión muy particular del mundo. Mientras más desarrollada esté una ciencia, como ocurre con la física, el grado de abstracción y carga teórica del lenguaje será mucho mayor.

La biología se encuentra en una posición intermedia. Clásicamente era una ciencia descriptiva que dependía de un uso preciso y sugerente del lenguaje. La fuerza de las propuestas de Darwin se basaba, en parte, en lo persuasivo de su estilo; puede decirse incluso que Darwin plasmó sus ideas originales en un libro legible para muchos más que los especialistas, sin que se tratase de un libro de divulgación. En la biología posdarwiniana, en la genética y la bioquímica, el lenguaje descriptivo ha sido suplido por el especializado.

No es entonces casualidad que los temas científicos que destacan en los medios de comunicación sean las raras excepciones donde existe un lenguaje común. El público del siglo XIX se interesó mucho en temas como la edad de la Tierra y el origen del hombre no solo porque eran atractivos, sino porque pertenecían a un terreno donde todos entendían el lenguaje, lo que permitía que se llevaran a cabo debates fructíferos y clarificadores entre la opinión tradicional y el enfoque científico.

Por otro lado, siempre habrá temas que interesen e inquieten más a los legos por su contenido mismo. No depende del grado de "erudición" o "especialización", sino de los vínculos que las

afirmaciones que se hacen tienen con la vida, con la visión de la vida y con la curiosidad general de las personas. Así, es mucho más interesante para la mayoría una afirmación sobre la influencia de las hormonas en la conducta sexual (aunque originalmente esté cifrada en tablas, diagramas y lenguaje esóterico) que una afirmación, por llana y simple que sea, sobre el número de élitros de cierto tipo de insecto. En física ocurre algo similar; tiene mayor impacto el anuncio de la "muerte fría del universo" como consecuencia de las leyes de la termodinámica, que la demostración experimental de que no existe el calórico, que es en esencia más simple y comprensible.

Como resultado de la especialización de la ciencia y su lenguaje, con el correr del siglo XIX casi todas las sociedades científicas se transformaron en eruditas, abiertas únicamente a los competentes. Revistas como la de la Royal Society, que habían sido generales, empezaron a aparecer en secciones que únicamente cubrían una parte del espectro. Incluso el científico ya solo leería libros y revistas confinados a su propia especialidad y recurriría a la divulgación para cubrir otras ramas.

De todo lo anterior podría suponerse que comparada con la ciencia de Galileo, Harvey, Newton o la Enciclopedia, la del siglo XIX fue inaccesible para casi todos excepto para aquellos entrenados para comprenderla. Sin embargo, muchos científicos aún se preocupaban de que el mundo tomara en cuenta su labor y las implicaciones de esta. Para ello escribían ensayos en publicaciones generales y hablaban en reuniones públicas. La ciencia que se diseminó fue la ciencia divulgada; los científicos del siglo XIX se las arreglaron para escribir sobre sus temas de manera sencilla e incluso amena.

Esto se debió, en parte, a que en el siglo XIX las "dos culturas" aún no se separaban por completo. Los que se

dedicaban a la ciencia y los que hacían literatura, pintura, política y teología tenían todavía intereses comunes. La educación estaba menos especializada, aunque para fines del siglo iba cambiando rápidamente, y ya la ciencia que se aprendía mediante libros de texto era bastante diferente de la que se podía encontrar en un artículo dirigido al público general o en una demostración de Faraday en la Royal Society.

La divulgación en el siglo XIX

Hacia fines del siglo XIX la divulgación de la ciencia tenía dos finalidades. La primera era adecuarla para los legos, interesados en la ciencia pero inexpertos. La segunda era informar a los científicos activos en una disciplina sobre lo que estaba ocurriendo en otras. Este tipo de divulgación más elevada era un aspecto de la especialización característica a partir del siglo XIX. Se producían revistas cultas donde se reseñaban y discutían lo mismo novelas de avanzada, poesía, política o historia, que los libros importantes de todas las ciencias. Ejemplo de esto son el Journal des Savants, de París, la Edinburgh Review, la Westminster Review y sus equivalentes alemanas, suizas e italianas. Todavía en los albores del siglo XX existían revistas de interés general que publicaban material de todas las ciencias. Y aunque no todos los artículos interesaban a la totalidad de los lectores o les eran comprensibles, usualmente estaban escritos en un estilo literario, de modo que eran accesibles.

Los libros de Mary Somerville, como Sobre la relación entre las ciencias físicas, de 1834, fueron valiosos para los hombres y mujeres de ciencia que deseaban estar enterados de lo que sucedía en otros campos que ya no comprendían. Esta era una divulgación de alto nivel. Dirigidas a un público menos versado

en ciencia estaba Conversaciones sobre química, de Jane Marcet, publicado en 1806. Un recurso muy socorrido para divulgar era utilizar cartas, conversaciones o lecciones. Estos estilos atraían a los divulgadores, temerosos de que el neófito se alejara para siempre de la ciencia a causa de un estilo muy seco e inaccesible. Al hacerse cada vez más formales los artículos en revistas científicas, aumentó la necesidad de conferencias de divulgación y de revistas como Popular Science Monthly.

Otra opción para la divulgación de la ciencia fue el heredero del gabinete de curiosidades del siglo XVIII, el museo, que pasó de ser un conjunto de grandes vitrinas ordenadas para transformarse en un laboratorio de investigación; lo que fue colección ornamental se convirtió en organización sistemática. Hoy día son parte del sistema educativo y de la industria recreativa.

A fines del siglo XIX la ciencia se había vuelto una fuerza dominante en la vida intelectual y práctica, pero aún estaba conectada con otras actividades y con las culturas locales; esta situación cambió radicalmente en el siglo XX.

La nueva edad dorada

Después de la "época de oro" del siglo XVII, los científicos franceses e ingleses del XVIII y XIX consideraban que Newton había descubierto las leyes físicas básicas de la naturaleza, por lo que no quedaba a sus sucesores más que aplicar sus ecuaciones a otros fenómenos y descubrir leyes y fuerzas consistentes con su marco general. En opinión de algunos historiadores, como Truesdell, la "edad dorada" no terminó con Newton sino con Euler, quien le dio a las leyes de Newton su forma matemática final y mostró cómo aplicarlas a la descripción del comportamiento de los sólidos y los fluidos.

En la física hubo otra "edad dorada" durante el siglo XX: el periodo que empezó en 1900 con la teoría cuántica de Planck y que culminó alrededor de 1930 con la formulación definitiva de la mecánica cuántica relativista y la teoría del núcleo atómico. Desde entonces la física se ha vuelto más cara, más esotérica y más peligrosa, pero hay también quienes piensan que se ha vuelto más aburrida sin gigantes como Einstein, Bohr, Heisenberg, Schrödinger y Dirac. Al estudiar estas revolucionarias décadas, no hay que perder de vista la importancia de la ciencia física del siglo XIX y de los descubrimientos de los rayos X y la radiactividad, ni tampoco olvidar a Darwin, a Mendel o a Mendeleyev. Tampoco puede soslayarse el nacimiento, en esas mismas décadas, de la genética, el psicoanálisis y la astronomía extragaláctica, y de avances tecnológicos en comunicaciones y en los campos de la energía y de la química.

La ciencia y la tecnología, al introducir cambios drásticos en las condiciones de vida, atrajeron el interés público. La física, en vez de resolver los "últimos problemas" en un universo mecánico, abrió una caja de sorpresas que contenía nuevas visiones del mundo.

Divulgación de las nuevas ideas

En general, las interpretaciones más exactas de las nuevas teorías físicas se debieron a los propios físicos, que aclararon sus posturas particulares en artículos y libros, aunque sus explicaciones no siempre fueran accesibles al público general. Ejemplos de estas interpretaciones son ¿Qué es la vida?, Mente y materia y Mi visión del mundo, de Schrödinger; La concepción física de la naturaleza y Más allá de la física, de Heisenberg, y El Universo incansable, de Born. Muchos científicos

divulgadores hicieron excelentes trabajos sobre la nueva física, como la serie de George Gamow sobre las aventuras de Mr. Tompkins, de 1953; La relatividad, de Einstein, de 1926; o El Universo que nos rodea, de Jeans, publicada en 1960.

No es casualidad que estas obras de divulgación tengan por autores a tan connotados científicos. En esa época la divulgación la hacían los científicos, y los periodistas cumplían con difundir masivamente, a su manera, los hallazgos.

Elegí las tres últimas obras como representativas no solo de un periodo dorado de la ciencia, sino también porque ejemplifican tres corrientes estilísticas. Einstein trasladaba las ideas fisicomatemáticas a un lenguaje más llano, dotándolas de amplias explicaciones y numerosos ejemplos. Aun así, si comparamos La relatividad con el artículo original donde expone la teoría de la relatividad, podemos notar en ambos que su estilo siempre tiende a lo literario. Jeans, por su parte, elige un estilo que se acerca más a lo didáctico. Podríamos decir que El Universo que nos rodea es un excelente libro de texto que incluye elementos que permiten contextualizar el conocimiento para beneficio del lector. La prosa de Jeans es fluida y directa.

George Gamow escribió, entre muchas obras de divulgación, una serie de relatos encaminados a iniciar al profano en las ramas de la física que en su momento estaban siendo investigadas por los especialistas. En El Sr. Tompkins en el país de las maravillas Gamow explora los campos de la teoría de la relatividad, la teoría cuántica y los últimos descubrimientos de la física con la ayuda del Sr. Tompkins, imaginario protagonista de los relatos. Gamow ya hace uso de la imaginación literaria. No nos enseña, sino que nos sumerge en el mundo de los fenómenos apelando a nuestra imaginación.

Ya fuese cuidada y clara como la de Einstein, didáctica como la de Jeans o imaginativa como la de Gamow, la divulgación de

esta época tuvo la gran ventaja de no distorsionar el mensaje científico. Pero otros se sintieron inspirados para construir sistemas éticos completos, para apoyar al materialismo dialéctico o para dar justificaciones científicas al espiritualismo, todo sobre la base de las nuevas ideas. Un ejemplo típico de tales distorsiones es decir que todo acontecimiento inexplicable tiene lugar en la "cuarta dimensión".

Los nuevos conceptos de relatividad e indeterminación y la idea de un universo en expansión empezaron a resonar en el ámbito público. Al diseminarse estas ideas revolucionarias hacia el mundo no científico, se distorsionaron y causaron confusión, no solo por su novedad fundamental y por la dificultad de trasladarlas a un lenguaje no matemático, sino porque la mayor parte de los "traductores", es decir los educadores y los periodistas, no tenían el entrenamiento matemático y científico requerido para comprender las publicaciones científicas originales.

Se generaron entonces malentendidos que gozaron de amplia credibilidad: que Einstein decía que todo, incluyendo la verdad, es relativo; que todas las observaciones son subjetivas; que todo es posible. No importa cuán distorsionadas las ideas, la revolución de la nueva física transmitió sus ondas de choque a muchos campos no científicos, como las artes y las humanidades. En 1913, por ejemplo, Apollinaire explicó de la siguiente manera ciertas innovaciones en el cubismo:

Hasta ahora las tres dimensiones de la geometría de Euclides eran suficientes para las inquietudes que tenían los grandes artistas [...] Hoy día los científicos no se limitan a las tres dimensiones de Euclides. Los pintores han sido llevados de manera natural, podría decirse que por intuición, a preocuparse por las nuevas posibilidades de medición espacial que, en el

lenguaje de los modernos estudios, se designan con el término de cuarta dimensión.

Otro ejemplo se encuentra en la declaración de Durrell en su prefacio a la segunda novela del Cuarteto de Alejandría:

La literatura moderna no nos ofrece unidades, de modo que me he vuelto hacia la ciencia y estoy intentando completar una novela en cuatro secciones cuya forma se basa en la propuesta relativista [...] Tres caras del espacio y una del tiempo constituyen los ingredientes de un continuo. Las cuatro novelas siguen este patrón.

La bomba atómica y el Sputnik

Muchos de los que se dedican a la divulgación científica piensan que la cultura científica solo puede adquirirse con el apoyo de una educación a todos los niveles, que familiarice al público con las metodologías y los conceptos de la ciencia. Según Morris Shamos, en "La lección que los niños no necesitan" ("The lesson every child need not learn"), el movimiento que permitió extender la cultura científica más allá de las academias data del periodo inmediatamente posterior a la Segunda Guerra Mundial, cuando empezó a ganar importancia y actualidad la empresa de mejorar y engrandecer los planes de estudio científicos de Estados Unidos.

Gracias a los descubrimientos anteriormente hechos en la investigación física básica, Estados Unidos había logrado, para julio de 1945, crear un complejo capaz de construir armas nucleares. Esta fue una empresa enorme que requirió habilidades científicas y técnicas, fuerza de trabajo y dinero, a una escala que nunca antes se había contemplado. Los

estadounidenses habían demostrado, en su momento, una avanzada capacidad científica, tecnológica e industrial.

Poco después los rusos produjeron una explosión nuclear, y aunque los estadounidenses alegaran que el conocimiento nuclear era inocultable, sí reconocieron que los rusos llevaron a cabo la tarea con una base industrial que había sido devastada por años de guerra y dentro de una economía que requería completa reconstrucción. A pesar de todos los obstáculos, los rusos fueron capaces de alcanzar, aproximadamente en el mismo tiempo, lo que los estadounidenses habían logrado.

La lección que dejó la bomba atómica en ese momento fue que cualquier nación industrial importante podría ser capaz de lograr las hazañas tecnológicas que considerase necesarias para la supervivencia nacional. Y la Unión Soviética, a pesar de sus debilidades, se había vuelto a mediados del siglo una potencia industrial.

En 1954 la Fundación Nacional para la Ciencia de Estados Unidos, agencia federal independiente cuya principal función es apoyar la investigación básica y aplicada, empezó a desarrollar programas para incrementar la calidad y la cantidad de los futuros profesionales de la ciencia y la ingeniería.

Posteriormente, en octubre de 1957, los soviéticos pusieron en órbita alrededor de la Tierra el Sputnik, primer satélite hecho por el hombre. El lanzamiento del Sputnik fue un segundo shock para los estadounidenses, y produjo aprensión en todo el "mundo libre". Mucha gente concluyó que los soviéticos habían superado a Estados Unidos en ciencia y tecnología, sobre todo en el rubro militar. Una de las acciones del presidente Eisenhower para calmar los miedos y dar seguridad a los estadounidenses fue convocar a los científicos para pedirles consejo sobre los programas militar y espacial, y sobre la forma de asegurar la supremacía de la ciencia y tecnología

estadounidense. Decidido a no permitir que la Unión Soviética superase a Estados Unidos en desarrollo científico y tecnológico, el Congreso incrementó notablemente el presupuesto de la Fundación Nacional para la Ciencia con el fin de apoyar la educación científica en todos los niveles. Lo que empezó como un intento para entrenar a más científicos e ingenieros pronto se extendió, al menos en la mente de muchos educadores, al esfuerzo de proporcionar a los estudiantes y al público en general una mayor y mejor comprensión de la ciencia y la tecnología. Estados Unidos, junto con varios países europeos, había entendido ahora correctamente la lección: la capacidad de un país no radica en la posibilidad de alcanzar una meta tecnológica dada, sino en su superioridad en ciencia básica. Aunque el tiempo llegaría a desmentirlo, los soviéticos aparentemente pudieron enfrentarse a los retos económicos después de la década de 1950; en cambio, el horizonte científico soviético pronto se vio oscurecido por nubarrones políticos. Así, el liderazgo mundial en ciencia básica quedó en manos de los científicos estadounidenses (muchos de los cuales, por cierto, eran originalmente destacados científicos europeos).

La enseñanza y la divulgación experimentaron un resurgimiento tanto en enfoque como en calidad. No por nada en esos años se dieron los primeros intentos de análisis de la tarea de divulgación.

Pero este esfuerzo de difundir el conocimiento científico a todos los niveles, no obstante la sinceridad y el empeño de muchos profesores, no ha rendido frutos, según Shamos; más bien solo ha contribuido a la adaptación de los ciudadanos a una sociedad tecnologizada. Sin embargo, el uso de la tecnología o el conocimiento de la técnica no es cultura científica. Saber utilizar la computadora, la televisión o el horno de microondas no es saber de ciencia, no es participar de la empresa del

conocimiento. La tecnología solo es el producto más visible y consumible de la empresa científica.

Un nuevo estilo de divulgación

Alrededor de la segunda mitad del siglo XX empiezan a surgir los escritores que combinan el conocimiento científico con sensibilidad e imaginación: divulgadores profesionales como Nigel Calder, Roger Lewin, Martin Gardner, John Horgan, Isaac Asimov, Carl Sagan, Jacob Bronowski y P. C. Davies, así como científicos activos como Stephen Jay Gould, Richard Dawkins, Edward O. Wilson, Douglas Hofstadter y Roger Penrose.

Hablando en términos muy generales, los textos de los autores que he mencionado son suficientemente atractivos como para sostener nuestro interés. La prosa es flexible, mas no pierde dirección ni propósito. No utiliza gratuitamente la jerga científica ni tiene una sintaxis impenetrable, pero su atractivo más inmediato es que producen auténtico placer, independientemente de su tema. Sus autores, ya sean científicos, escritores, maestros o periodistas, comparten la base de la calidad literaria. No solo echan por tierra el cliché de que los científicos no pueden escribir, sino que son escritores en el sentido más amplio del término: el que intenta transmitir una experiencia mediante un continuo reajuste del lenguaje. Colateralmente, pueden utilizarse como instrumento de enseñanza o de información.

Pero ¿acaso un texto de Voltaire o uno de Gamow no comparten esas cualidades?, ¿por qué nos referimos a un "nuevo estilo" en la divulgación?, ¿qué es lo que ha cambiado?

En el primer caso, la ciencia no se ha especializado; sigue siendo parte de la filosofía natural y sus nexos con la cultura humanista están vigentes. Inscribir la ciencia en ese contexto es

algo natural. Con Gamow tenemos lo contrario. La ciencia se ha separado de las humanidades y lo que preocupa al escritor es que la gente tenga acceso al conocimiento científico, pero lo literario es una cualidad que no se busca explícitamente. En los casos que corresponden a la segunda mitad del siglo XX, lo literario del texto parece ser uno de los postulados fundamentales de la divulgación, que deja de ser una disciplina "subsidiaria" de la ciencia para convertirse en un discurso autónomo y creativo sobre la ciencia, paralelo a ella pero con distintas intenciones.

Es el momento de echar una mirada al cómo y al porqué de la divulgación de la ciencia.

UNA MIRADA A LA DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS

Sobre cuál es la finalidad de la divulgación de la ciencia y cómo debe realizarse hay casi tantas opiniones como divulgadores. Estas opiniones, además, se han ido transformando con el tiempo; lo que a principios de la década de 1950 tenía antes que nada una intención didáctica, pasó a darle prioridad a la información manejada, para luego centrarse más en la inmersión de los temas científicos en un marco cultural más abierto.

Como quiera que sea, lo cierto es que no existe un método para divulgar la ciencia, como no lo hay para escribir novelas, pintar cuadros, o componer música. Cada divulgador tendrá sus

propias "recetas", encontrará su estilo individual y definirá sus objetivos particulares. Sin embargo, siempre será indispensable el conocimiento de los clásicos y el aprendizaje elemental del oficio, en el sentido del aprendizaje de una artesanía.

El placer y la necesidad

Para introducirnos en el tema del objetivo de la divulgación, nos podemos preguntar qué beneficios tendría que todos comprendieran, por ejemplo, la segunda ley de la termodinámica, conocimiento esencial según C. P. Snow para cualquiera que se considere culto.

Es una característica de la ciencia que muchas ideas científicas van contra el sentido común; aun así, sucede que el sentido común nos sirve bien en la mayoría de las situaciones cotidianas y que podemos vivir satisfactoriamente en nuestra sociedad altamente tecnologizada incluso sin conocer nada de ciencia.

¿Cuál es entonces el sentido de la divulgación de la ciencia?

Al respecto existen dos vertientes: la de la necesidad y la del placer, ligadas por la idea de que los que carecen de conocimientos científicos se encuentran en desventaja, pues están excluidos de uno de los mayores logros intelectuales de la humanidad. La vertiente del placer se refiere a la desventaja de no poder disfrutar la "emoción" de la ciencia; la vertiente de la necesidad señala que quienes no conocen de ciencia están excluidos de contribuir de alguna manera seria al debate del efecto que la ciencia tiene en nuestra vida.

Luis Estrada escribe en "Acerca de la divulgación de la ciencia":

El conocimiento generado por la ciencia afecta a todos los países. Es por ello que no solo es necesario estar al tanto de la investigacion científica, sino también tener una opinión y una posición frente a su avance. Pero ¿quién es el que debe estar enterado y dar la opinión que antes señalé? Como en otros asuntos de importancia actual, este es de la responsabilidad general, más cuando ya no cabe duda alguna de que la ciencia es un asunto demasiado importante para estar únicamente en manos de unos cuantos.

La importancia de estar al tanto del desarrollo de la ciencia es distinta en los diferentes sectores de la población. Es claro que los científicos, los ingenieros y los profesores universitarios toman como una de sus obligaciones tener una información actualizada acerca del quehacer científico. Sin embargo, lo que aquí nos interesa subrayar es que en esta época también los demás requieren de esa misma información actualizada. El hombre actual requiere del conocimiento científico para entender y aprovechar bien el mundo en que vive, y lo necesita ahora más que antes porque este mundo está siendo conformado por su intervención directa. La construcción del futuro será el resultado no solo de la ciencia que desarrolla una tecnología poderosa, sino también del conocimiento que aclare la clase de futuro que deseamos tener. El futuro es de todos, por lo que la responsabilidad de su construcción es también de todos y cuando esté hecho de nada servirá señalar sus defectos. Es por tanto necesario formar en nuestros pueblos una conciencia acorde a nuestro tiempo y crear en ellos una opinión pública capaz de juzgar sobre bases sólidas. En esta empresa el conocimiento aportado por la ciencia contemporánea es fundamental.

Según Morris Shamos, si bien toda actividad cognoscitiva y artística puede ser útil para la sociedad, la gente no tiene la obligación de ser versada en todo, ni el serlo le reportaría beneficios económicos, políticos o laborales, ni tampoco incidiría en su vida profesional o cotidiana. Shamos expone la idea de Thomas Huxley y Henri Poincaré de que los científicos no estudian la naturaleza porque es útil, sino que lo hacen también esencialmente por placer. El público ganaría más si se le enseñara a apreciar los valores estéticos e intelectuales de la ciencia en lugar de hacerle creer que su único valor es el utilitario.

John Radder Platt, en su libro The Excitement of Science (La emoción de la ciencia), escribe:

El experto en demostrar el proceso de razonamiento a un público amplio fue Conan Doyle. No es del todo incorrecto considerar que cada historia científica es como una historia de detectives a su manera, con sus acertijos y su suspenso, sus pistas falsas y sus escaramuzas, con sus brillantes Sherlock Holmes, sus no tan brillantes inspectores Lestrade, y sus admiradores doctores Watson. Es interesante recordar que el mismo Galileo utilizó un grupo muy similar de personajes para explicar sus razonamientos a un público amplio.[8] La ciencia es la más grande historia de detectives, una trama continua que retiene de por vida a su público donde las controversias entre los personajes de hoy son, como siempre, conspicuas y divertidas.

Por cierto, Carlos López Beltrán en "La creatividad en la divulgación de la ciencia", propone por su parte una analogía entre la divulgación de la ciencia y la novela policiaca, idea que comentaré posteriormente.

Ya se trate de beneficios, de placer o de necesidad, la integración de la ciencia a la cultura es una labor inaplazable. Indaguemos ahora un poco sobre cómo debe realizarse esa labor.

Cómo hacer la divulgación de la ciencia

En sus Reflections on Science and the Media (Reflexiones sobre la ciencia y los medios), June Goodfield dice que "las circunstancias actuales requieren de un nuevo grupo de personas que, desde fuera de la profesión científica, miren la ciencia críticamente". No es el mismo trabajo que realiza un reportero científico; para Goodfield, se trata de "un crítico en el sentido más amplio y tradicional del término".

Maurice Goldsmith en su libro The Science Critic (El crítico científico), habla sobre la necesidad de reemplazar

[...] el concepto de divulgación por el de comprensión pública de la ciencia y apreciación pública de su impacto. Esta es otra función del crítico científico. Debe tratar de relacionar lo que vemos en la ciencia de nuestro entorno, con las cosas que no son científicas.

El crítico científico debe ayudar a los que no son científicos a adquirir una mayor profundidad, de modo que puedan también ser capaces de disfrutar lo poético de la experiencia científica. Pero, para hacerlo, el crítico científico debe sentir una gran simpatía por sus semejantes. La divulgación de la ciencia requiere que esta sea comprensible por todos; para que esto suceda, el divulgador debe capturar las formas de expresión de la gente y enriquecerlas.

Goldsmith resume las que, a su juicio, deben ser las funciones del crítico científico: en primer lugar, tener un panorama general; segundo, vislumbrar el futuro basándose en el conocimiento del pasado; tercero, reconocer las semejanzas en las distintas experiencias científicas; cuarto, defender la integridad de la ciencia; quinto, interpretar la ciencia; sexto, comunicar la ciencia de manera que la gente deje de temerla y que entienda su poética. Implícita en todo lo anterior está la labor de crítica en el sentido de dar cuenta de sus malos pasos.

¿De dónde saldrá este profesional de aptitudes y conocimientos variados al que llaman crítico científico? "La meta es resolver lo que el escritor de ciencia ficción Arthur C. Clarke describe como 'el enorme problema de encontrar una persona en la que se combinen el conocimiento científico profundo con una imaginación verdaderamente flexible' ".

Uno de los mejores divulgadores de la ciencia en español, Fernando del Río, expresa: "Así como la música requiere de intérpretes para ser apreciada, la ciencia requiere de profesionales que interpreten las obras científicas ante el público".

J. B. S. Haldane, famoso biólogo y prolífico divulgador, se limita en "Cómo escribir un artículo de divulgación científica" a dar consejos prácticos, entre los que destacan tener siempre presente al lector, ofrecer ejemplos de la vida cotidiana y jamás escribir como si se tratara de dar respuesta a un examen.

Al divulgador profesional, comparándolo con el centauro, lo he llamado "ser mítico", puesto que debe conjugar capacidades que no suelen darse conjuntamente: la buena escritura y el conocimiento amplio de la ciencia. Como esos seres son escasos, en la práctica suele recurrirse a la colaboración entre divulgadores y científicos.

El periodismo científico

Aunque se trata de un asunto complejo y controvertido, no puedo dejar de mencionar un problema lateral en el análisis de la divulgación de la ciencia: quién debe hacer esta labor.

Al hablar de la divulgación de las nuevas ideas, mencioné la distorsión que estas sufrieron al ser tomadas por los educadores y periodistas, que en su mayor parte no tenían el entrenamiento adecuado para manejarlas. Como ya aclaré, el problema del traslado de las ideas originales al ámbito educativo no pertenece propiamente a la divulgación. No es ese el caso del periodismo científico.

Para la mayoría de los periodistas, lo importante es llegar a las masas y generalmente tienen los medios y la habilidad para hacerlo. Sin embargo, para los científicos el periodista suele tergiversar la información, pues desconoce la ciencia. Los científicos inflexibles, de los que ya he hablado, defienden la postura de que quienes deben divulgar la ciencia son los propios investigadores, que son los que producen la información y en cuyas manos descansa el conocimiento. Pero es raro encontrar un científico que combine ambas habilidades y que dedique tiempo para hacer buena divulgación, que le interese la labor y que sea capaz de abarcar algo más que su estrecha especialidad. Los periodistas, por su parte, tratan de ser amenos, de acercarse al público e interesarlo y generalmente dominan un medio de comunicación. Sin embargo, suelen ser tachados de inexactos, superficiales e ignorantes de los temas que tratan. Otro defecto del periodista es su tendencia a hacer de toda información una nota de impacto. Un caso interesante lo ejemplifica el libro El caos, del periodista James Gleick.

La teoría del caos marcó una nueva época en la ciencia y es un concepto que está presente en muchas de sus ramas.

Además, ha dado lugar a nuevas visiones de la naturaleza y tiene repercusiones incluso en la vida diaria. Sin embargo, el caos es un concepto eminentemente matemático cuya cabal comprensión usualmente escapa a los no especialistas. Aunque El caos se convirtió en best seller mundial, es indiscutible que Gleick no divulga el concepto de caos, justamente porque evade la dificultad del tema y agranda los aspectos anecdóticos y personales de la historia.

Una asociación fructífera que se practica en países desarrollados, en particular los de habla inglesa, es la del científico con el periodista, lo que permite conjugar sus habilidades y conocimientos, aunque a veces el periodista no figure como coautor.

Todo lo dicho aquí no descarta la presencia del periodista serio y preparado en el terreno de la divulgación de la ciencia.

Creatividad y divulgación

Carlos López Beltrán, en su artículo "La creatividad en la divulgación de la ciencia", hace una analogía entre la divulgación de la ciencia y la novela policiaca, o más precisamente, la crónica policiaca crítica y literaria que algunos escritores como Ibargüengoitia o Mailer suelen practicar.

Consideremos, esquemáticamente y para beneficio de la simplicidad y de la analogía, en el mismo nivel (que podemos llamar de los hechos) por un lado a un crimen X y por el otro a un fenómeno natural (o grupo de fenómenos) que en el mundo se da. En un segundo nivel estos hechos son enfrentados, en primera instancia, por un lado por los investigadores del crimen, que buscan dar explicaciones, encontrar al culpable y hacer

justicia; y, por el otro lado, por los científicos que quieren explicar los eventos.

En un tercer nivel podemos ubicar al criminólogo, al psicólogo o al sociólogo, que buscan a su vez explicar el crimen como fenómeno humano, científicamente, desde afuera. Usan la información de los dos niveles previos. Ahí estarían también el filósofo, el sociólogo y el historiador de la ciencia, que buscan dar cuenta globalmente a su vez del fenómeno de la ciencia, y disponer también de lo que encuentran en los dos niveles anteriores. En un cuarto nivel podemos citar a los relatores, desde el simple redactor de la "nota roja", hasta el novelista o el cronista serio; todos ellos tratan de contar el crimen y, según su intención, de manejar información de todos los niveles previos para dar sentido a sus textos. Es aquí, en mi opinión, donde debe ponerse al divulgador de la ciencia, que puede también ser desde un simple cronista o relator hasta un auténtico novelista en el sentido positivo del creador, de gran mimo que captura lo esencial y lo revive en el texto.

Según este analista de la divulgación, así como en la novela o en el cuento se reproducen o se recrean los mecanismos y eventos de la realidad, incorporando casi cualquier recurso para hacer verosímil y fiel su contenido, la divulgación de la ciencia tiene la oportunidad de recrear los logros y los mecanismos de este campo. Un punto importante de estas recreaciones es que su efectividad no es en ninguno de los dos casos cuestión de recetas. En ambos deben intervenir imponderables como la creatividad y la imaginación. "En la divulgación, como en la literatura, hay un espacio lo suficientemente amplio para que cada autor despliegue su propia red y extraiga los peces que desee, para que muestre su modo de mirar ante quien lo escucha

o lee. Hay un lugar para el estilo. Muestras de ello las tenemos en varios autores contemporáneos".

Recientemente, el uso de la historia detectivesca como recurso para la divulgación ha recibido críticas. Ron Curtis arguye que al recurrir a esta forma narrativa, la divulgación proporciona un espacio cognitivo y la novela policiaca un repertorio interpretativo en los que se privilegia una sola teoría científica. Según esto, la ciencia avanza mediante el método de inducción por eliminación y solo los científicos que sigan tal método tendrán éxito; el debate entre ellos queda eliminado. Para desarrollar una conciencia crítica sobre las teorías científicas, Curtis propone que la divulgación explore formas literarias alternativas, en particular el diálogo.

De las opiniones que hemos revisado aquí, tal vez la idea más interesante es que la divulgación de la ciencia es una labor eminentemente creativa que recrea el conocimiento científico para formar y acrecentar la cultura científica del público. La dificultad que esta labor supone proviene, en parte, del distanciamiento de las dos culturas, la científica y la humanística, problema que trataremos a continuación.

Nota

[8]Como puede verse, se trata de una diferente concepción acerca de la divulgación hecha por Galileo.

EL PROBLEMA DE LAS DOS CULTURAS

Supuestamente, este siglo es la edad de la ciencia. Nuestra civilización depende de la ciencia y de la tecnología, cuyos signos y maravillas vemos a nuestro alrededor. Las ideas que tenemos sobre lo que es real están basadas en lo que es científicamente comprobable; los científicos son los "gurús" de la sociedad. Aun así, poco se explora el papel que desempeñan la actividad y el conocimiento científicos en el desarrollo de nuestra cultura. La cultura occidental ha sido profundamente influida por la ciencia y sus productos, que son fácilmente reconocibles en el aspecto material. Pero la ciencia ha tenido aún más influencia en el marco conceptual dentro del que se

desarrolla la vida religiosa, política y estética. Cualquier mirada a nuestra cultura que ignore esta influencia será una visión muy limitada o distorsionada.

Ciencia y humanidades

Las ideas de la ciencia y las de las humanidades pueden estar relacionadas de diversas maneras. Dice Stephen G. Brush:

Una idea proveniente de la cultura puede introducirse en la ciencia, donde puede estimular algunas líneas teóricas y (tal vez) sugerir experimentos nuevos y llevar a nuevos descubrimientos. Esto fue lo que sucedió con el concepto romántico de la unidad de todas las fuerzas naturales. Inversamente, los hechos y las teorías científicas pueden tener una influencia directa sobre aquellos que construyen sistemas filosóficos, o que escriben novelas, o que hacen crítica social. Así, el materialismo mecanicista de la biología y la física de mediados del siglo diecinueve fue reflejado por el "realismo" en la filosofía y en la literatura, y por el "positivismo" en las ciencias sociales.

Nadie negaría que el desarrollo de la ciencia moderna ha sido un factor primordial en la historia reciente de la civilización; sin embargo, rara vez se da importancia a la relación entre las teorías científicas y la cultura general. La calidad mágica de muchos logros técnicos se ha combinado con la oscuridad de los escritos científicos para ocultar el hecho de que los científicos han utilizado y se han visto influidos por muchas de las ideas que se encuentran en la filosofía, la literatura y las artes.

Brush utiliza el término "cultura" en el sentido que se le dio a partir del siglo XIX en Inglaterra, es decir, el conjunto de literatura, pintura, música, filosofía y religión, pero dejando

fuera a la ciencia. Esta exclusión no fue producto de la casualidad, sino que fue propiciada por algunos humanistas que consideraron que su cultura iba a ser destruida por la ciencia y la tecnología, por lo que debía restárseles importancia. De modo que los que alegan que la ciencia es parte de la cultura deben tener en cuenta que esta declaración es anacrónica cuando del siglo XIX se trata.

Según Brush, un representante moderno del punto de vista decimonónico es F. R. Leavis, "quien ha rechazado la idea de C. P. Snow de una cultura 'científica' distinta de la literaria. El debate Leavis-Snow ilustra muy bien el conflicto entre los puntos de vista romántico y realista[...]."

Esta influencia mutua de ciencia y humanidades sigue sin reconocerse. El debate continúa y aún en la "edad de la ciencia" la mayoría de la gente considera que solo las humanidades conforman la cultura.

El otro extremo

Dice Carlos López Beltrán que cuando pensamos en el papel de los intelectuales en nuestra cultura, la mayoría de los lugares importantes son ocupados por escritores, historiadores, filósofos y científicos sociales; a los científicos se les conceden sitios secundarios. Entonces se pregunta si, al relatar la historia de las civilizaciones recientes, estamos siendo objetivos en la repartición de los papeles trascendentes entre un conjunto y otro de intelectuales. ¿Entendemos cabalmente lo que unos y otros aportan a nuestra cultura?

Un apunte de respuesta es una fracción del relato de William Cooper llamado "Dos culturas de Cambridge", citado por López Beltrán:

Desde el fin de la Primera Guerra Mundial hasta el inicio de la segunda, la cultura científica está obviamente representada (en Cambridge) por los laboratorios Cavendish, Rutherford, Chadwick, Blacke, Cockroft, Kapitza y otros. Kapitza fundó un club abierto que tuvo gran influencia, en el que los científicos podían intercambiar públicamente información sobre sus hallazgos. La cultura literaria, por otro lado, está representada por una sociedad cerrada llamada Los Apóstoles, "una élite autoelegida de aquellos que se consideraban a sí mismos lo mejor de la literatura y la filosofía contemporáneas"; sus miembros eran varones procedentes de las clases privilegiadas, la mayoría de Eton, y ningún científico: Keynes, G. E. Moore, Wittgenstein, E. M. Forster, Bertrand Russell y otros. Tenían una sucursal en los de Bloomsbury.

Si hablamos de descubrimientos fundamentales que cambiarían nuestra comprensión de la estructura del mundo, los intercambios en el club de Kapitza hacen palidecer en tal medida las conversazione de la sociedad de Los Apóstoles que nos parecen trivia. El conocimiento científico y la tecnología que de ahí derivaron transformaron las sociedades humanas (y su sensibilidad, no lo olvidemos) y, por otro lado, las aplicaciones militares de la investigación atómica transtornaron las relaciones internacionales. Comparado con esto cualquier cambio político o social generado por miembros de Los Apóstoles (tal vez haya que exceptuar a Keynes) podría ser solo espurio. Pero Los Apóstoles tenían el don de la pluma y el poder de la palabra.

Esta opinión, que puede parecernos sesgada y que López Beltrán califica de parcial y polémica, nos hace pensar en lo absurdo de las posturas extremistas, y a la vez en que toda versión de la cultura depende "del cristal con que miramos".

Aunque apunte a lo contrario, dice López Beltrán, no se trata de ahondar la brecha, sino de combatir su absurdo.

La cultura científica

Todo esto nos lleva a pensar en qué es cultura científica: retomemos el ejemplo de C. P. Snow sobre Shakespeare y la segunda ley de la termodinámica. ¿Son equivalentes ambos conocimientos?

Una de las cosas que hace al conocimiento científico difícilmente asimilable por el sentido común es el carácter acumulativo de la información que maneja y la capacidad de reformular y contrastar sus teorías de acuerdo con esa nueva información. Esto es algo que no sucede con el humanismo, que aporta nuevas posibilidades pero a hechos que ya están de alguna manera en nuestro sentido común de lo humano, es decir, que son observables en el mundo que nos rodea y en nosotros mismos. Si bien la ciencia partió de la observación de hechos más o menos experimentables cotidianamente, no hay contrapartes en el sentido común de nuestra experiencia cotidiana para entender, como sucede cuando leemos Hamlet, qué es entropía (o qué es un gen o un hoyo negro), abstracciones que crea la ciencia para la comprensión de ciertos fenómenos. Y en el extremo de estos objetos abstractos, ya sin ninguna referencia real precisa, están las matemáticas. Entrar en este mundo de abstracciones requiere de un gran esfuerzo y de un entrenamiento especial. Claro que lo mismo se podría decir del arte y de las humanidades; pensemos tan solo en las abstracciones del arte no objetivo y de la música atonal de nuestro tiempo. Sin embargo, la diferencia entre ambas abstracciones descansa en el criterio de verificación empírica y

en la objetividad que el conocimiento científico reclama como suyos.

Según James B. Conant la experiencia ha mostrado, tanto en Estados Unidos como en las modernas escuelas europeas, cuán difícil es situar en pie de igualdad el estudio de la ciencia con el de materias como la literatura, el arte o la música. Para Conant, un científico o un ingeniero pueden ser capaces de participar con plena entrega en una discusión sobre cuadros, libros y obras de teatro, pero es muy difícil mantener una conversación sobre física si la mayoría de los participantes no son científicos o ingenieros. ¿Por qué sucede esto? Es evidente, dice Conant, que la ciencia y la literatura no dejan la misma huella en la mente del estudiante.

La química de los metales y el teatro de Shakespeare son dos tipos de conocimiento completamente diferentes en lo que se refiere a las necesidades de todo ser humano. Desde luego no es necesario tomar un ejemplo de las ciencias naturales; en la frase anterior puede sustituirse perfectamente "química de los metales" por "gramática latina". Expresado en términos simplísimos, la diferencia reside en el hecho de que el teatro de Shakespeare ha sido y sigue siendo el objeto de interminables debates en los que se ha criticado desde todo ángulo concebible el estilo y los personajes, y constantemente han llegado hasta nosotros palabras de admiración y censura para los mismos. Por otro lado, nadie admira o desaprueba los metales o el comportamiento de sus sales.

Aunque original, la visión de Conant es muy idealizada. Un científico o un ingeniero pueden ser capaces de discutir seriamente sobre arte siempre y cuando tengan una amplia cultura, lo que no siempre ocurre.

Literatura y ciencia

Aldous Huxley, en su libro Literatura y ciencia, hace un análisis lúcido del conflicto entre el mundo humanista y el mundo científico. Huxley es quizá el autor contemporáneo que ha probado de modo más evidente la posibilidad de una reconciliación entre la ciencia y la literatura.

Al contrario del poeta, que busca la íntima verdad sentida de la vida subjetiva, el científico busca la verdad del exterior, organizada en un sistema de explicación meramente racional, por un proceso de abstracción e hipótesis. Dice Wordsworth:

Si la obra de los Hombres de Ciencia produjera alguna vez una revolución material, directa o indirecta, en nuestra condición y en las impresiones que habitualmente obtenemos, no por ello el Poeta estaría más dormido que en el presente; estaría dispuesto a seguir los pasos de los Hombres de Ciencia y no solo en aquellos efectos indirectos generales; se encontrará a su lado, llenando de sentido la intimidad de los objetos mismos de la ciencia. Los más remotos descubrimientos del químico, el botánico o el mineralogista, si alguna vez llegan a resultarnos familiares y si las relaciones en que los discípulos de estas ciencias respectivas los contemplan llegan a tener para nosotros manifiestamente la materialidad de seres que gozan y sufren, serán objetos tan adecuados para el arte del poeta como cualquier otro.

Para Huxley, el problema radica en el "Si alguna vez...", expresión que retrata el hecho de que la gran mayoría de la gente encuentra poco interés en la ciencia como observación desapasionada y menos aún como sistema racional de conceptos

explicativos; el campo de la ciencia aplicada, de la ciencia incorporada en la tecnología, solo le interesa en cuanto lo afecte personalmente. Dice Huxley:

Si todos nosotros sintiéramos un interés tan apasionado por la genética de las lombrices, digamos, o por la hipótesis atómica, como por nuestros amigos, nuestra artritis o nuestra vida sexual, entonces habría solo una cultura y no dos. Los poetas escribirían indiferentemente poesías líricas sobre el ácido nucléico o sus recatadas amantes, sobre la mecánica cuántica o la muerte de los niños; y a los investigadores les resultaría placentero e incluso provechoso leer esas poesías. Pero las hipótesis de la física y los datos de la genética y la bioquímica son solo importantes para una minoría.

En el párrafo anterior, Huxley parece olvidar que Shakespeare, T. S. Eliot e incluso él mismo "solo son importantes (en el mundo moderno) para una minoría". En muchos lugares, México entre ellos, se vende más un libro "popular" sobre la genética, que una edición de poemas o una novela "culta", cuando los autores son igualmente desconocidos. Más gente compra revistas de divulgación científica que revistas "cultas" de arte, poesía o música. Lo justo sería decir que ambas culturas son víctimas del mismo mal, que es la tendencia a la ignorancia apoyada por los medios masivos de comunicación.

¿Cómo han reaccionado los hombres de letras ante la ciencia y la tecnología? De modo muy semejante a la mayoría, según Huxley. No han experimentado, o al menos demostrado, un gran interés por la ciencia, y del dominio de la tecnología solo se han preocupado por sus consecuencias sociales y psicológicas, muy poco por las teorías que la respaldan. La poesía de este siglo, científico como ningún otro, hace en general menos referencia a

la ciencia que la poesía de épocas en que la ciencia carecía relativamente de importancia. Esta, dice Huxley, sin matizar que lo anterior es más cierto en el mundo de habla hispana que en el de inglesa, es una paradoja que necesita dilucidarse y explicarse para seguir en la tarea, importante y necesaria, de relacionar ambos dominios de la Cortina de Hierro espiritual. Para explicarla, recurre a tres hechos: la especialización de la ciencia, su (supuesta) impersonalidad y la abundancia de su difusión.

En los buenos tiempos, se nos dice a menudo, la ciencia era mucho más sencilla que en nuestros días. Aun un poeta podía entender las hipótesis darwinianas en su forma primitiva; podía entenderlas y, si era un librepensador, regocijarse por sus implicaciones antiteológicas o, de tratarse de un cristiano ortodoxo, reaccionar con indignación o con nostálgicas lágrimas por lo que El origen de las especies hizo con el Arca de Noé y el primer capítulo del Génesis. Hoy el cuadro, otrora tan hermosamente claro, ha tenido que incorporar todas las complejidades de la genética, la bioquímica y hasta de la biosociología moderna.

La ciencia se ha convertido en un asunto de especialistas. Al hombre de letras, incapaz ahora de entender todas esas complejidades, según dice Huxley, no le queda más que ignorar por completo la ciencia contemporánea. Sin embargo, habría que cuestionarse si Newton, Euler o Maxwell fueron muy accesibles para los no especialistas de sus respectivos tiempos.

Por otro lado, se dice que a la ciencia hay que acercarse de manera impersonal: mediante una observación desinteresada, una intuición y una experimentación carentes de prejuicios y una paciente racionalización de acuerdo con algún sistema de conceptos lógicamente correlacionados. Pero en la vida real siempre hay conflictos entre la razón y la pasión, y la ciencia es intolerante frente a esta última. La literatura tolera un espectro

mucho más amplio de actitudes humanas. Con tal que se escriba lo suficientemente bien, dice Huxley con su ironía característica, en un ensayo puede decirse casi cualquier cosa, y en la novela, prácticamente cualquier cosa, desde las más intensamente privadas experiencias subjetivas hasta las más públicas observaciones y razonamientos.

El progreso de la ciencia, abunda Huxley, ha engendrado el progreso de la popularización de la ciencia. El hecho de que esta es una era científica ha liberado a la poesía de la necesidad de referirse de modo directo y detallado a la ciencia. Cada año se publican numerosos textos de difusión de todas las ciencias y resúmenes de los progresos recientes.

La "ciencia popular" es una nueva forma de arte que participa simultáneamente del libro de texto y el reportaje, el ensayo filosófico y el proyecto sociológico. No es necesario ahora que la ciencia penetre la poesía, excepto por implicación filosófica, como uno de los componentes indispensables de una cosmovisión sostenible, o a modo de ilustración significativa o metáfora expresiva. No sorprende que tan pocos poetas contemporáneos practiquen la referencia científica, en gran escala o en detalle.

Cabe añadir aquí que, a pesar de las dificultades que revela el análisis científico al penetrar cada vez más profundamente en la íntima estructura del mundo, los grandes problemas filosóficos siguen siendo enormes: la naturaleza es hoy tan compleja como antes, y la humanidad, mucho más.

Pero nuestra preocupación no debe ser el pasado, sino el presente y el futuro inmediatos. Nos guste o no, añade Huxley, la nuestra es la Era de la Ciencia. ¿Qué puede hacer acerca de

esto el escritor? ¿Y qué debería hacer acerca de esto como literato consciente y ciudadano responsable?

La condición previa de cualquier relación fructífera entre literatura y ciencia es el conocimiento. El escritor, cuya labor primordial es expresar mediante palabras las más privadas experiencias humanas, debe aprender algo acerca de las actividades de aquellos cuya tarea consiste en analizar las más públicas experiencias y coordinar sus descubrimientos en sistemas conceptuales expresados en palabras de otra especie: las palabras de la definición precisa y el discurso lógico. Si bien el conocimiento detallado y profundo de cualquiera de las ramas de la ciencia le es imposible al no especialista, todo lo que le es necesario al hombre de letras es un conocimiento general de la ciencia, una perspectiva de vuelo de pájaro de lo que se ha logrado en los varios dominios de la investigación científica, junto con una comprensión de la filosofía de la ciencia y una apreciación de las maneras en que la información científica y los modos científicos del pensamiento resultan pertinentes para la experiencia humana y los problemas de las relaciones sociales, para la religión y la política, para la ética y una filosofía de la vida sostenible.

La literatura dota de una forma a la vida, nos ayuda a saber quiénes somos, cómo sentimos y cuál es el sentido de nuestras experiencias privadas. El escritor debe relacionar dichas experiencias de algún modo humanamente satisfactorio con las experiencias públicas en los universos de los hechos naturales y las convenciones culturales; y proseguir con la tarea de obtener el mejor partido posible de todos los mundos en que los seres humanos están predestinados a vivir, percibir, sentir, pensar y morir.

Pero este tránsito de conocimiento y comprensión entre las dos culturas debe fluir en ambas direcciones: desde la ciencia a

la literatura y también desde la literatura a la ciencia.

Literatos vs. científicos

La actitud pública frente a la ciencia es ambivalente: por una parte hay interés y admiración, y por otra temor y hostilidad. Se considera que la ciencia es materialista y deshumanizante, arrogante y peligrosa. Sus practicantes son técnicos fríos y sin sentimientos que detentan un gran poder y muestran muy poca responsabilidad. El reduccionismo científico es sospechoso e incómodo y está quitando todo el misterio y el encanto a la vida. Sus aplicaciones en contra del ser humano, bélicas o genéticas, son innegables. Lewis Wolpert y Alison Richards exploran estas ideas en la introducción a su libro A passion for science (Una pasión por la ciencia), de la que he tomado el material de este apartado y el siguiente.

Sabemos que el avance científico no es garantía de bienestar, pero las raíces del sentimiento anticientífico actual son mucho más profundas. Muchas de las críticas específicas a la ciencia pueden rastrearse hasta el movimiento romántico del siglo XIX. Coleridge decía: "hemos adquirido unas pocas invenciones brillantes a cambio de la pérdida de toda comunión con la vida y el espíritu de la naturaleza". Lo mismo opinaba D. H. Lawrence en este siglo: "El conocimiento ha matado al Sol reduciéndolo a una bola de gas con manchas; el conocimiento ha matado a la Luna diciéndonos que es una pequeña Tierra muerta, llena de cráteres que la hacen parecer que tuvo viruelas... El mundo de la razón y la ciencia... es el mundo seco y estéril en que viven las mentes abstractas". El Dr. Frankenstein de Mary Shelley es el epítome del científico que desata fuerzas que después no puede controlar, y tan poderosa

es su imagen que ya es parte de la cultura popular del siglo XX, como símbolo de los peligros de la ciencia.

Empero, estas imágenes no provienen de los científicos, sino de los escritores. Fue Mary Shelley quien creó al monstruo, no la ciencia. Aparte de ser una ironía, esto sugiere que, al menos en parte, la antipatía proviene de las dificultades que los no científicos tienen para entender la ciencia. De esto los científicos tienen parte de la culpa pues, con excepciones notables, su tendencia ha sido no dar explicaciones al público general. Sin embargo, el problema es más profundo. Muchos sospechan que el modo de pensar de los científicos no es normal, pues difiere mucho del común y corriente. La ciencia pide tratar con datos estadísticos y secos, abandonar creencias apreciadas y quizá aceptar que no hay causas simples y lineales. El crítico literario Lionel Trilling, citado por Wolpert y Richards, observó que "la exclusión de la mayoría de nosotros del modo de pensar supuestamente característico de esta época nos hace sentirnos heridos en nuestro yo intelectual".

Pero hoy día ya no son los escritores sino los medios masivos los que forman la opinión pública, y no es sorprendente que persistan las imágenes distorsionadas de la ciencia. Además de ser lógico-deductivos, fríos y carentes de humor, se considera que los científicos están alejados de la vida cotidiana. Los estereotipos son comunes y engañosos; el profesor extraño y distraído de las tiras cómicas es lo usual al describir a un científico.

Parte del problema proviene de que los científicos dan una imagen falsa de ellos mismos. Como lo señaló Medawar, la misma forma de las publicaciones de los científicos es una especie de fraude. El formato simplificado que se inicia con una "introducción", sigue con los "métodos" y los "resultados" y termina con la "discusión", no tiene ninguna relación con la

manera en que los científicos realmente trabajan. En general los científicos solo buscan que los resultados finales resistan el escrutinio frío y objetivo de sus colegas, y no se ocupan en mostrar el proceso seguido para lograr sus descubrimientos. Al quitar todo rastro de emoción humana, los artículos científicos se reducen a expedientes de los que es imposible extraer el significado de lo hecho y los motivos para haberlo hecho. Lo mismo sucede con la imaginación, la suerte, las dificultades y otros factores, como las conversaciones con otros o la obsesión por resolver un problema. Por otra parte, no deja de ser sorprendente que los científicos no hagan algo para borrar esa imagen carente de calor humano. La idea de que hay algo llamado "método científico" ha ayudado a reforzar esta imagen; se suele pensar que hay un procedimiento intelectual y formal que conduce con seguridad y de manera inevitable a las conclusiones correctas. El proceso mental de los científicos parece funcionar de manera distinta al de la gente normal.

Hamlet y la estructura del ADN

¿Qué tan cierto es lo expresado por los literatos, en su calidad de "público general" de la ciencia?

Aunque el modo de pensar en un nivel técnico es diferente al cotidiano, la elaboración de la ciencia tiene mucho en común con otras actividades intelectuales y creativas. Pero estos aspectos de la ciencia pasan totalmente desapercibidos. A diferencia de los artistas, los científicos no están fascinados por el proceso de creación. Como la ciencia se refiere al mundo externo y rechaza lo personal cuando se trata de juzgar sus resultados, no hay tradición de introspección y análisis.

Mientras los escritores, los músicos y los pintores (o sus biógrafos y críticos) reflexionan mucho acerca de cómo piensan,

cómo trabaja su imaginación y cuándo les llegó la inspiración, los científicos raramente se cuestionan estos procesos. Una diferencia esencial entre las artes y la ciencia es, como lo ha señalado Roszak (citado por Wolpert y Richards), que la ciencia no depende de las publicaciones originales. Aparte de los historiadores, nadie se preocupa por leer los artículos de Einstein, Newton o Crick y Watson. Una vez que las ideas de estos científicos han sido aceptadas, se incorporan al cuerpo general del conocimiento, despojadas de su versión original. Pero hay que hacer notar que esto no solo ocurre en la ciencia; es cierto que en el Hamlet o en "La última cena", es la obra concreta lo que se admira, pero hay creaciones que se independizan del texto original. No se necesita leer los Evangelios para saber lo que dicen, ni a Freud para participar de ciertos mitos psicoanalíticos.

Es difícil imaginar a un científico escribiendo acerca de su labor, como por ejemplo hizo Proust. Hacer ciencia no es, en ese sentido, algo personal. Sin embargo, no hay razón para no examinar cómo los científicos hacen sus descubrimientos, aun cuando estos representen un conocimiento de naturaleza diferente al de otras labores humanas. Es imposible que las emociones, los fracasos y los sentimientos no incidan en el proceso de creación científica, aunque pueda parecer que este se realiza en el vacío, sin ser afectado por eventos externos. ¿Por qué un matemático es distinto a un biólogo? ¿De dónde les vienen a los científicos sus ideas? ¿Qué tanto hay de casualidad o de imaginación en sus investigaciones? Los logros de los científicos, ¿son cosa de suerte o de chiripa? ¿Qué tan importante es la competencia para determinar el tipo de investigación que se sigue? Sabemos bien que hay pocas probabilidades de que Hamlet vuelva a escribirse, pero sabemos mejor que la estructura del ADN no podrá volver a descubrirse,

y esto puede ser terrible para quienes han comprometido su vida en una sola especialidad.

Respecto a las discusiones sobre el método científico, ¿hay algo más emocionante que la búsqueda de la consistencia lógica o que la congruencia con la experiencia del mundo externo? En esto no parece haber una gran diferencia entre el trabajo de un científico y el de cualquier otro investigador. La búsqueda de explicaciones y conexiones, el proceso de validación y verificación y otras cuestiones metodológicas son muy parecidos. Lo que los hace diferentes es la materia de estudio. El deseo de definir un método científico exclusivo solo oculta la variedad de formas de trabajo de los diferentes científicos y las diferencias propias de las múltiples disciplinas que componen la ciencia.

Pero a pesar de todo lo dicho, aceptar a la tradición científica como compañera de la literaria requiere de algo más que una comprensión de las teorías científicas. Nada hay más ilustrativo a este respecto que los propios textos de divulgación. En el siguiente capítulo presento una selección de textos clásicos, tal vez prolija para quien conozca el tema, pero práctica para quien no ha tenido acceso a este tipo de textos. Su consagración se basa en cualquiera de estos criterios: su permanencia, su inclusión en antologías, su uso como obra de consulta en la práctica del divulgador y mi gusto personal.

CLÁSICOS DE LA DIVULGACIÓN

En muchos ámbitos de la cultura superior se califica de clásicos a algunos autores y a ciertas obras, al considerarlos como modelos a imitar o como ejemplos dignos de ser seguidos. La existencia de clásicos permite tener una vista panorámica de una disciplina, ya que son buenos puntos de referencia. También son útiles cuando se trata de someter algo a juicio, pues con ellos podemos establecer comparaciones. Las disciplinas de mayor tradición han definido sus clásicos y han defendido sus razones para sostenerlos como tales. En la divulgación de la ciencia todavía no contamos con clásicos indiscutibles, no solo porque no existen criterios o estándares para calificarlos, sino

porque se trata de una disciplina que, como ya hemos visto, presenta muchos aspectos controvertidos respecto a su unidad y su esencia. Sin embargo, los textos que presentaremos a continuación han mostrado de una u otra forma su calidad a lo largo de varias décadas.

Textos precursores

En su introducción a la edición de 1916 de Relativity (La relatividad), Einstein escribe:[9]

El presente libro intenta, en la medida de lo posible, dar una visión exacta de la teoría de la relatividad a aquellos lectores que están interesados en la teoría desde un punto de vista científico y filosófico, pero que no están familiarizados con el aparato matemático de la física teórica. La obra presupone un nivel educativo correspondiente al de un examen de inscripción universitario y, a pesar de la brevedad del libro, una gran dosis de paciencia y fuerza de voluntad por parte del lector. El autor no se ha ahorrado trabajo en su empresa de presentar las ideas principales en la forma más simple y comprensible, y en lo general, en la secuencia en que realmente se originaron. En interés de la claridad, me pareció inevitable que debía repetirme frecuentemente, sin poner la menor atención a la elegancia de la presentación. Me adherí escrupulosamente al precepto del brillante físico teórico L. Boltzmann, según el cual el asunto de la elegancia debe dejarse al sastre y al zapatero. No pretendo haber sustraído al lector de las dificultades que son inherentes al tema. Por otro lado, he tratado intencionalmente las bases físicas empíricas de la teoría con un estilo "maternal", de modo que los lectores poco familiarizados con la física no se sientan

como el vagabundo que, a causa de los árboles, no pudo ver el bosque.

[The present book is intended, as far as possible, to give an exact insight into the theory of Relativity to those readers who, from a general scientific and philosophical point of view, are interested in the theory, but who are not conversant with the mathematical apparatus of theoretical physics. The work presumes a standard of education corresponding to that of a university matriculation examination, and, despite the shortness of the book, a fair amount of patience and force of will on the part of the reader. The author has spared himself no pains in his endeavour to present the main ideas in the simplest and most intelligible form, and on the whole, in the sequence and connection in which they actually originated. In the interest of clearness, it appeared to me inevitable that I should repeat myself frequently, without paying the slightest attention to the elegance of the presentation. I adhered scrupulously to the precept of that brilliant theoretical physicist L. Boltzmann, according to whom matters of elegance ought to be left to the tailor and to the cobbler. I make no pretence of having withheld from the reader difficulties which are inherent to the subject. On the other hand, I have purposely treated the empirical physical foundations of the theory in a "step-motherly" fashion, so that readers unfamiliar with physics may not feel like the wanderer who was unable to see the forest for trees.]

Esta idea de que el científico no debe preocuparse por el estilo ha prevalecido en un amplio sector de la academia. Algunos dicen, apoyándose en argumentos "neurológicos", que la capacidad para hacer ciencia excluye la capacidad para escribir bien. Otros alegan que quien se dedica a escribir bien roba un

tiempo precioso a la investigación científica. En mi opinión, se trata tan solo de un problema de formación y por tanto, de actitud.

El siguiente es un párrafo del capítulo "El campo gravitacional", de La relatividad:

Si levantamos una piedra y luego la soltamos, ¿por qué cae al suelo? La respuesta usual a esta pregunta es "porque es atraída por la Tierra". La física moderna formula la respuesta de manera algo diferente, por la siguiente razón: como resultado del estudio más cuidadoso de los fenómenos electromagnéticos, hemos llegado a considerar la acción a distancia como un proceso que es imposible sin la intervención de un medio. Si, por ejemplo, un imán atrae a un pedazo de hierro, no nos satisface considerar que esto significa que el imán actúa directamente sobre el hierro a través del espacio vacío entre ambos; nos vemos obligados a imaginar –a la manera de Faraday– que el imán siempre hace aparecer algo físicamente real en el espacio que lo rodea, siendo ese algo lo que llamamos un "campo magnético". A su vez, este campo magnético actúa sobre el pedazo de hierro, de modo que este último trata de moverse hacia el imán. No discutiremos aquí la justificación detrás de esta concepción fortuita, que sin duda es algo arbitraria. Solo mencionaremos que con su ayuda, los fenómenos electromagnéticos pueden representarse teóricamente de modo más satisfactorio que sin ella, y esto se aplica particularmente a la trasmisión de ondas electromagnéticas. Los efectos de la gravitación se consideran de manera análoga.

[If we pick up a stone and then let it go, why does it fall to the ground?" The usual answer to this question is: "Because it is attracted by the earth." Modern physics formulates the answer

rather differently for the following reason. As a result of the more careful study of electromagnetic phenomena, we have come to regard action at distance as a process impossible without the intervention of some intermediary medium. If, for instance, a magnet attracts a piece of iron, we cannot be content to regard this as a meaning that the magnet acts directly on the iron through the intermediate empty space, but we are constrained to imagine –after the manner of Faraday– that the magnet always calls into being something physically real in the space around it, that something being what we call a "magnetic field". In its turn this magnetic field operates on the piece of iron, so that the latter strives to move towards the magnet. We shall not discuss here the justification for this incidental conception, which is indeed a somewhat arbitrary one. We shall only mention that with its aid electromagnetic phenomena can be theoretically represented much more satisfactorily than without it, and this applies particularly to the transmission of electromagnetic waves. The effects of gravitation also are regarded in an analogous manner.]

Considero el libro de Einstein un clásico pues, de todos los muchos acercamientos al tema de la relatividad, como divulgación, este es el mejor, por su claridad. También porque, como puede notarse, Einstein ignora el consejo de Boltzmann, ya que escribe con elegancia, es decir, su prosa es cuidada en el lenguaje y acertada en la selección de las palabras.

Los textos de Gamow están dirigidos a aquellos deseosos de adquirir una idea clara de los recientes procesos de la física pero que no disponen del tiempo o de los conocimientos necesarios para estudiarlos en obras puramente técnicas. Con su estilo característico, en el que se conjugan la sencillez de exposición y el rigor científico, Gamow describe los

descubrimientos que condujeron en las primeras décadas del siglo pasado a una renovación completa de las nociones fundamentales de la física: espacio, tiempo, gravitación, materia y energía. El autor proporciona al lector, bajo la forma de relatos fantásticos y humorísticos, nociones correctas de las teorías y los principios en que se basa la ciencia moderna. El protagonista, un hombre común y corriente, se enfrenta a los últimos descubrimientos de la física a través de sus aventuras imaginarias en otros mundos. El héroe va a parar, en sueños, a varios mundos donde los fenómenos que suelen escapar a nuestros sentidos aparecen tan exagerados que resultan fácilmente observables, como los demás acontecimientos de la vida cotidiana. Las aventuras de Mr. Tompkins fueron publicadas por primera vez en la revista Discovery en 1939.

El señor Tompkins, en El Sr. Tompkins en el país de las maravillas, sueña después de leer un texto sobre la relatividad:

Cuando abrió los ojos nuevamente se encontró parado en una esquina de una hermosa ciudad antigua. Sospechó que estaba soñando, pero para su sorpresa, no ocurría nada fuera de lo común a su alrededor; hasta un policía parado en la esquina opuesta tenía el aspecto que los policías suelen tener. Las manecillas del gran reloj de la torre calle abajo apuntaban casi al mediodía y las calles se encontraban prácticamente vacías. Tan solo un ciclista venía bajando lentamente por la calle y, cuando se aproximó, los ojos de Mr. Tompkins se agrandaron por la sorpresa; la bicicleta y el joven que la montaba estaban increíblemente aplanados en la dirección del movimiento, como vistos a través de una lente cilíndrica. El reloj de la torre dio las doce y el ciclista, evidentemente apurado, pedaleó con más fuerza. El Sr. Tompkins no notó que ganara más velocidad, sino que, como resultado de su esfuerzo, se aplanó aún más y siguió

por la calle dando exactamente la impresión de una figura recortada en cartón. Entonces, el Sr. Tompkins se sintió muy orgulloso, porque podía comprender lo que le estaba sucediendo al ciclista: era simplemente la contracción de los cuerpos en movimiento, sobre la cual justamente acababa de leer.

[When he opened his eyes again he found himself standing at a street corner in a beautiful old city. He suspected that he was dreaming now, but to his surprise there was nothing unusual happening around him; even a policeman standing on the opposite corner looked as policemen usually do. The hands of the big clock on the tower down the street were pointing almost to noon and the streets were nearly empty. A single cyclist was coming slowly down the street and, as he approached, Mr. Tompkins's eyes opened wide with astonishment. For the bicycle and the young man on it were unbelievably flattened in the direction of the motion, as if seen through a cylindrical lens. The clock on the tower struck twelve, and the cyclist, evidently in a hurry, stepped harder on the pedals. Mr. Tompkins did not notice that he gained much in speed, but, as the result of his effort, he flattened still more and went down the street looking exactly like a picture cut out of cardboard. Then Mr. Tompkins felt very proud because he could understand what was happening to the cyclist –it was simply the contraction of moving bodies, about which he had just read. (Gamow, 1953, 20-22)]

Para los divulgadores de la década de 1960, Gamow era todavía el ejemplo a seguir, y es un clásico por derecho propio. Sin embargo, ya no lo tomamos como modelo. El caso de Gamow refleja la evolución del concepto de divulgación. Lo que ayer nos pareció un audaz y novedoso ejercicio de la

imaginación, hoy nos suena bastante ingenuo. Este problema evolutivo lo abordaré posteriormente en las conclusiones.

Un clásico de la divulgación de la biología, y que ejemplifica la tendencia de la época, es el libro Crecimiento y forma, de D'Arcy Wentworth Thompson, publicado en 1942. Otros autores clásicos de la divulgación de la biología y la medicina anteriores a 1960 son William Boyd, Rachel Carson, Lewis Thomas, E. J. H. Corner, George W. Corner, Julian Huxley, Peter Medawar, Charles Sherrington, Desmond Morris, James Watson y Francis Crick.

Mención aparte merece J. B. S. Haldane, quien no solo fue uno de los pioneros de la genética moderna, sino también de los primeros que se preocuparon por el que he llamado "problema de la divulgación". Veamos un ejemplo de su ensayo El tiempo en la biología, donde habla de las diferentes escalas de tiempo para los diversos procesos biológicos y las controversias de la genética que se deben a la dificultad de pensar simultáneamente en los niveles molecular y ontogénico, lo cual entraña otra forma de pensamiento, el fisiológico, que se halla entre uno y otro. El arte, preocupación constante de Haldane, permite una reflexión adicional sobre el talento y el aprendizaje.

Los modos de comportamiento se desarrollan, al igual que los órganos, durante el curso de una vida. La maduración de un proceso puede depender o no del aprendizaje. Así, un mirlo criado por seres humanos, desde que está en el huevo, emite un canto que es perfecto, cuando menos para el oído humano. Una alondra tiene que aprender su canción. Su arte no es menos premeditado que el de Shelley.[10]

Veamos ahora un extracto del ensayo "El juicio final" de su libro On being the right size (Sobre el tamaño apropiado):

La estrella de la cual vivimos tuvo un principio e indudablemente tendrá un final. Mucha gente ha predicho ese final en forma más o menos pintoresca. El relato cristiano contiene muchas cosas admirables, pero adolece de dos defectos fundamentales. En primer lugar, está escrito desde el punto de vista de los ángeles y de una pequeña minoría de la raza humana. El imparcial historiador del futuro podría con toda justicia exigir el derecho a revisar los boletines de la Bestia del Libro de las Revelaciones y sus simpatizantes. Después de todo, la Bestia y su falso profeta podían obrar milagros a su manera y eran reconocidos como propagandistas capaces. De manera que el encabezado "Se frustra nuevo ataque aéreo sobre Babilonia. Diecisiete arcángeles derribados en llamas" podría registrar algunas de las etapas tempranas de la guerra, mientras que "Más atrocidades del enemigo. Profeta fundido en azufre ardiente" podría ser la crónica de los términos de paz.

Pero la objeción más seria es quizás sobre la escala de magnitudes empleada. El mal comportamiento de la raza humana podría inducir a su Creador a acabar con el planeta, pero difícilmente con todo el Sistema Solar. Tal vez seamos malos, pero no puedo creer que seamos tan malos. A lo peor, nuestra Tierra es solo una pequeña área séptica en el universo, la cual podría ser esterilizada sin demasiado problema, y es de creerse que ni siquiera valga la pena esterilizarla.

[The star on which we live had a beginning and will doubtless have an end. A great many people have predicted that end, with varying degrees of picturesqueness. The Christian account contains much that is admirable, but suffers from two cardinal defects. In the first place, it is written from the point of view of the angels and a small minority of the human race.

The impartial historian of the future could legitimately demand a view of the communiqués of The Beast of the Book of Revelation and his adherents. For, after all, The Beast and his false prophet could work miracles of a kind, and were admittedly able propagandists. So perhaps 'Another air raid on Babylon beaten off. Seventeen archangels brought down in flames' might record some of the earlier stages in the war, while 'More enemy atrocities. Prophet cast into burning sulphur' would chronicle the peace terms.

But the more serious objection is perhaps to the scale of magnitudes employed. The misbehaviours of the human race might induce their creator to wipe out the planet, but hardly the entire stellar system. We may be bad, but I cannot believe that we are as bad as all that. At worst our earth is only a very small septic area in the universe, which could be sterilized without very great trouble, and conceivably is not even worth sterilizing.]

Haldane es un gran maestro de la ambigüedad; nos trae a la mente imágenes que resuenan en otros ámbitos de nuestra experiencia.

La importancia del estilo

Como ya dijimos, en la segunda mitad del siglo XX se plantea la preocupación de encontrar un escritor que combine el conocimiento científico con la sensibilidad y la imaginación.

Anteriormente, lo literario era una cualidad que no se buscaba de manera explícita. La frase de Einstein es contundente: el estilo, a los zapateros. Esta idea, como ya mencioné, fue apoyada por la comunidad científica más inflexible que sostiene que dedicar tiempo y gusto a la escritura

no especializada es una pérdida de tiempo y hasta una labor de segundo orden. De esta comunidad, algunos conceden valor a la divulgación, siempre y cuando esta garantice un número creciente de vocaciones juveniles. No obstante, hoy día muchos divulgadores piensan que la elegancia del tratamiento también les atañe y que su labor es tan importante y profesional como la de los científicos. A continuación presento ejemplos de dos de los mejores divulgadores de nuestro tiempo en el campo de la biología.

Una cita de Stephen Jay Gould, tomada de su artículo "Adam's navel" ("El ombligo de Adán"):

La generosa hoja de higuera les sirvió bien a nuestros antepasados artísticos como escudo botánico contra la exposición indecente de Adán y Eva, nuestros desnudos padres en la dicha e inocencia primigenias del Edén. Sin embargo, en muchas pinturas antiguas, el follaje cubre algo más que los genitales de Adán: un sinuoso tallo oculta también su ombligo. Si la modestia prescribió la cobertura genital, un motivo muy diferente, el misterio, colocó una planta sobre su ombligo. En un debate teológico más portentoso que la vieja discusión acerca de los ángeles sobre cabezas de alfiler, muchos creyentes sinceros se habían cuestionado si Adán tuvo ombligo.

Después de todo, él no nació de mujer y no requería de un vestigio de su inexistente cordón umbilical. Pero aun así, ¿no habría hecho Dios a su primer hombre igual al resto por venir? En otras palabras, ¿no habría creado Dios con la apariencia de preexistencia? El tema era seguramente irritante; en ausencia de una guía definida y no queriendo incurrir en la ira de nadie, muchos pintores literalmente pusieron una enredadera para cubrir el abdomen de Adán.

Unos cuantos siglos después, cuando la naciente ciencia de la geología reunía evidencias de la inmensa antigüedad de la Tierra, algunos defensores del literalismo bíblico revivieron el viejo argumento para todo nuestro planeta. Los estratos y sus fósiles enterrados sin duda parecen representar un registro secuencial de incontables años pero, ¿acaso Dios no crearía su Tierra con la apariencia de preexistencia? ¿Por qué no habríamos de creer que creó los estratos y los fósiles para dar a la vida moderna un orden armonioso al concederle un pasado perceptible, aunque ilusorio? Así como Dios pertrechó a Adán con un ombligo para enfatizar la continuidad con los hombres futuros, también nos dotó de un mundo prístino con la apariencia de una historia ordenada. De este modo, la Tierra podría tener tan solo algunos miles de años de edad, como afirma literalmente el Génesis, y aun así registrar una historia aparente de incontables eones.

[The ample fig leaf served our artistic forefathers well as botanical shield against indecent exposure for Adam and Eve, our naked parents in the primeval bliss and innocence of Eden. Yet, in many ancient paintings, foliage hides more than Adam's genitalia; a wandering vine covers his navel as well. If modesty enjoined the genital shroud, a very different motive –mystery– placed a plant over his belly. In a theological debate more portentous than the old argument about angels on pinheads, many earnest people of faith had wondered whether Adam had a navel.

He was, after all, not born of a woman and required no remnant of his nonexistent umbilical cord. Yet, in creating a prototype, would not God make his first man like all the rest to follow? Would God, in other words, not create with the appearance of preexistence? The issue was surely vexatious; in

the absence of definite guidance, and not wishing to incur anyone's wrath, many painters literally hedged and covered Adam's belly.

A few centuries later, when the nascent science of geology was gathering evidence for the earth's enormous antiquity, some advocates of biblical literalism revived this old argument for our entire planet. The strata and their entombed fossils surely seem to represent a sequential record of countless years, but would not God create his earth with the appearance of pre-existence? Why should we not believe that he created strata and fossils to give modern life a harmonious order by granting it a sensible (if illusory) past? As God provided Adam with a navel to stress continuity with future men, so too did he endow a pristine world with the appearance of an ordered history. Thus, the earth might be but a few thousand years old, as Genesis literally affirmed, and still record an apparent tale of untold aeons.]

La constante búsqueda de las palabras que expresen con precisión lo que quiere comunicar hace de la prosa de Jay Gould una de las más ricas y cuidadas de la divulgación de la ciencia.

De la introducción a El gen egoísta, de Richard Dawkins:

Imagínense los días anteriores a la imprenta, cuando se copiaban a mano libros como los Evangelios. Todos los escribas, no importa cuán cuidadosos, están expuestos a cometer unos cuantos errores, algunos no lejos de hacer una pequeña "mejora" voluntaria. Si todos ellos copiaran de un solo original, el significado no se pervertiría demasiado. Pero háganse copias de otras copias que a su vez fueron hechas de otras copias y entonces los errores empezarán a acumularse y a volverse serios. Tendemos a considerar el copiado errático como algo

malo y en el caso de los documentos humanos es difícil pensar en ejemplos donde los errores puedan describirse como mejoras. Supongo que, al menos, podría decirse que los sabios de los Setenta iniciaron algo grande cuando tradujeron mal la palabra hebrea para "mujer joven" por la palabra griega para "virgen", resultando así la profecía: "He aquí que una virgen concebirá y dará a luz a un hijo...". De cualquier modo, como veremos, el copiado errático en los replicadores biológicos puede auténticamente dar lugar a mejoras, y para la evolución de la vida fue esencial que se cometieran algunos errores. No sabemos qué tan exactamente hacían sus copias las moléculas replicadoras originales. Sus descendientes modernas, las moléculas de ADN, son asombrosamente fieles comparadas con el proceso humano de copiado de más alta fidelidad, pero aun aquellas ocasionalmente cometen errores y en última instancia son esos errores los que hacen posible la evolución.

[Imagine the days before printing, when books such as the Gospels were copied by hand. All scribes, however careful, are bound to make a few errors, and some are not above a little wilful "improvement". If they all copied from a single master original, meaning would not be greatly perverted. But let copies be made from other copies, which in their turn were made from other copies, and errors will start to become cumulative and serious. We tend to regard erratic copying as a bad thing, and in the case of human documents it is hard to think of examples where errors can be described as improvements. I suppose the scholars of the Septuagint could at least be said to have started something big when they mistranslated the Hebrew word for "young woman" into the Greek word for "virgin", coming up with the prophesy: "Behold a virgin shall conceive and bear a son..." Anyway, as we shall see, erratic copying in biological

replicators can in a real sense give rise to improvement, and it was essential for the progressive evolution of life that some errors were made. We do not know how accurately the original replicator molecules made their copies. Their modern descendants, the DNA molecules, are astonishingly faithful compared with the most high-fidelity human copying process, but even they occasionally make mistakes, and it is ultimately these mistakes which make evolution possible.]

Con su prosa directa, Dawkins transmite una mirada singular del concepto de replicación. Esta combinación de ciencia y arte, este tender puentes que puedan acercar las percepciones y preocupaciones de los científicos a las del resto de los seres humanos, han convertido a estos textos en clásicos de la divulgación. Algo semejante ocurre con los textos de física.

Textos ejemplares de divulgación de la ciencia

Carl Sagan, en Cosmos, utiliza la metáfora para descubrir poéticamente el océano en que estamos inmersos:

El cosmos fue descubierto apenas ayer. Durante millones de años todos tenían claro que no existían otros lugares fuera de la Tierra. Entonces, en la última décima de centésima del lapso de vida de nuestra especie, en el instante entre Aristarco y nosotros, notamos con reticencia que no éramos el centro y el propósito del universo, sino que vivíamos sobre un mundo diminuto y frágil perdido en la inmensidad y en la eternidad, navegando en un gran océano cósmico salpicado aquí y allá con cien mil millones de galaxias y mil trillones de estrellas. Con valentía hemos probado las aguas y hemos encontrado el océano a nuestro gusto, en resonancia con nuestra naturaleza. Algo en

nosotros reconoce al cosmos como nuestro hogar. Estamos hechos de ceniza estelar. Nuestro origen y evolución han estado ligados a eventos cósmicos distantes. La exploración del cosmos es un viaje de autodescubrimiento.

[The Cosmos was discovered only yesterday. For a million years it was clear to everyone that there were no other places than the Earth. Then in the last tenth of a percent of the lifetime of our species, in the instant between Aristarchus and ourselves, we reluctantly noticed that we were not the center and purpose of the Universe, but rather lived on a tiny and fragile world lost in immensity and eternity, drifting in a great cosmic ocean dotted here and there with a hundred billion galaxies and a billion trillion stars. We have bravely tested the waters and have found the ocean to our liking, resonant with our nature. Something in us recognizes the Cosmos as home. We are made of stellar ash. Our origin and evolution have been tied to distant cosmic events. The exploration of the Cosmos is a voyage of self-discovery.]

Habrá quienes, refiriéndose a los abundantes calificativos que utiliza P. W. Atkins en "Por qué cambian las cosas", capítulo de La creación, le reprocharán lo subjetivo de su lenguaje. Sin embargo, su descripción del mundo de las moléculas tiene la viveza y el color que ninguna ecuación podría transmitirnos:

La evolución es reacción por seducción. Las moléculas complejas pueden adquirir aún mayor complejidad por etapas, en lugar de intentar una gran pasión única. Una molécula puede ser capaz de deshacerse de unos cuantos átomos en favor de un socio afín, recoger algunos otros a la pasada y a su debido

tiempo atinarle a su destino. En cada paso solo tiene que ocurrir una pequeña reorganización, de modo que para cada paso solo se requiere ceder un poco. Es más probable que se presenten pequeños influjos y abundancias casuales de energía, que grandes; por tanto, el proceso global puede ocurrir mucho más rápidamente que si tuviera que llegar suficiente energía como para que se diera una reacción de una sola zancada. Esto es reacción por desventura múltiple, reacción cuesta abajo por una pendiente resbalosa. El que la reacción pueda o no proseguir se vuelve entonces principalmente un asunto de logística, o del suministro de pequeñas moléculas en el momento apropiado durante la comida.

[Evolution is reaction by seduction. Complex molecules can acquire even greater complexity in stages instead of attempting a single great passion. One molecule may be able to discard a few atoms to a congenial partner, pick up a few others elsewhere, and in due course chance upon a destination. Only a little reorganization has to take place at each step, and so only a little loosening is required for each one. Since small chance influxes and abundances of energy are more likely to occur than big ones, the overall process may occur much more quickly than if enough energy had to arrive for there to be reaction in a single stride. That is reaction by multiple misadventure, reaction down the slippery slope. Whether or not the reaction can proceed then becomes mainly a matter of logistics, or the supply of little molecules at the appropriate time in the meal.]

En Timescale (Escala temporal), de Nigel Calder, hay un ritmo vertiginoso donde las rebuscadas imágenes expresan una idea de golpe:

En las caricaturas de la Madre Tierra, ahí donde las masas territoriales se amotinaron, los primeros amos fueron limo coloreado, luego gusanos advenedizos, después desgarbados reptiles mamiferiformes, todo durante intervalos mucho más largos que los de la existencia humana. En la estimación paleontológica de Darwin, nuestra era no es tanto la del mono erecto sino la Era de los Percebes. Las montañas sagradas resultan ser los restos de accidentes de tránsito continentales, mientras que Chicago y Leningrado ocupan los lugares de glaciares que salieron a almorzar. Con todo, el restaurado mito de la creación le debe más a Groucho que a Carlos Marx. Es un relato acerca de moléculas hambrientas fabricando dinosaurios y remodelándolos como patos; también sobre vaqueros que hechos a la mar dominaron al mundo con una aguja magnética, para luego apostar sus genes contra una nube en forma de hongo, a que el conocimiento era una Cosa Buena.

[In caricatures of Mother Earth, where land masses ran riot, the first lords were colored slime, then upstart worms, then sprawling mammal-like reptiles, all for far longer intervals than humans have existed. In Darwin's paleonthological estimation, ours is not so much the era of the risen ape as the Age of Barnacles. Holy mountains turn out to be wreckage of continental traffic accidents, while Chicago and Leningrad sit in the chairs of glaciers gone for lunch. All in all, the refurbished creation myth owes more to Groucho than to Karl Marx. It is a tale of hungry molecules making dinosaurs and remodeling them as ducks; also of cowboys who put to sea, quelled the world with a magnetic needle, and then wagered their genes against a mushroom cloud that knowledge was a Good Thing.]

George Greenstein, en The Symbiotic Universe (El Universo simbiótico), personaliza la soledad del ser humano frente a lo infinito; al utilizar la primera persona, su texto es íntimo y así lo acerca más al lector.

Podría ser que la explicación a la extraordinaria aptitud de la naturaleza por la vida deba buscarse no en el reino de la religión, ni siquiera en un reino puramente científico, sino en el reino de la existencia misma. La metafísica, el estudio de la existencia y de la naturaleza fundamental de la realidad, se considera usualmente parte de la filosofía. Pero la mecánica cuántica también tiene algo que decir sobre el tema.

La idea sugerida por esta teoría –y enfatizo aquí la palabra sugerida– es que en la aptitud del entorno estamos presenciando los efectos de una gigantesca simbiosis en acción en el universo. La simbiosis, la interdependencia mutua de dos organismos, es ampliamente conocida en la biología, pero la simbiosis percibida aquí es diferente. El primer socio en esta nueva relación no es un organismo en absoluto, sino una estructura inanimada: el universo físico como un todo. En cuanto al otro, está vivo pero no es un solo organismo. Es todos los organismos –la vida misma.

Y entre los dos hay una unión. Hay una gran danza metafísica mediante la cual uno sostiene al otro. ¿Cómo pudo suceder que, contra toda probabilidad, el cosmos logró producir la vida? Tenía que hacerlo para poder existir.

Bien... palabras grandiosas. Una charla bastante pretenciosa como para una criatura tan menor: un diminuto individuo tumbado de espaldas bajo este enorme cielo impersonal. Caigo en cuenta de lo fatuo que debe ser mi aspecto ahora, declamando tan confiado la última información sobre la estructura de todas las cosas: estrellas, cosmos y, sí, hasta la

misma naturaleza de la existencia. Mientras he estado allí acostado me ha encontrado un mosquito. Evade mis manotazos. Insoportable bestia –¿quién le dio permiso de existir?

Ya es tarde. Hora de retirarse. Me pongo en pie y me estiro. Pero antes de meterme me detengo un momento y miro en torno mío.

No hay una brizna de viento. No hay el menor sonido. La ardilla en la maleza parece haber cerrado operaciones por esta noche. Sobre mi cabeza, las estrellas están esparcidas en una oscuridad, una negrura tan profunda que por un momento, por el más leve parpadeo de un instante, puedo casi sentir su inconcebible distancia. En una repentina, exaltante explosión de vértigo, imagino lo que sería volar, caer hacia arriba y dentro de ese océano. Y en mi imaginación estoy cayendo, cayendo lentamente, cayendo interminablemente, saltando suavemente entre las estrellas, en la enorme y perfecta soledad de la noche.

[It may be that the explanation for nature's extraordinary fitness for life must be sought not in the realm of religion, not even in any purely scientific realm, but in the realm of existence itself. Metaphysics, the study of existence and of the ultimate nature of reality, is usually considered part of philosophy. But quantum mechanics too has something to say about the subject.

The insight suggested by this theory –and I emphasize the word sug-gested here– is that in the fitness of the environment we are witnessing the effects of a gigantic symbiosis at work in the universe. Symbiosis, the mutual interdependency of two organisms, is widely known in biology, but the symbiosis envisaged here is different. The first partner in this new relationship is not an organism at all, but rather an inanimate structure: the physical universe as a whole. As for the second, it

is alive but it is not any single organism. It is all organisms –life itself.

And between the two there is a union. There is a great metaphysical dance by which each supports the other. How did it come to pass that against all odds the cosmos succeeded in bringing forth life? It had to do it in order to exist.

Well... big words. Pretty tough talk from so small a fellow: one tiny individual flat on his back under this great impersonal sky. It strikes me I make a foolish figure right now, declaiming so confidently the latest poop on the structure of all things – stars, cosmos, and yes, even the nature of existence itself. While I've been lying here some mosquito has found me out. It evades my every slap. Obnoxious beast –who gave it permission to exist?

It's late. Time to be moving. I get to my feet and stretch. But before heading indoors I pause a moment and look about.

There is not a breath of wind. There is not the slightest sound. That chipmunk in the bushes seems to have closed up operations for the night. Overhead, the stars are strewn across a darkness, a blackness so profound that for a moment, for the barest flicker of an instant, I can almost sense their inconceivable distance. In a sudden, exalting burst of vertigo I fancy what it would be like to fly, to fall up and into that ocean. And in my imagination I am falling now, falling slowly, falling endlessly, tumbling gently through the stars in the great and perfect isolation of the night.]

Carl Sagan, en "Chauvinismo", incluido en su libro The Cosmic Connection (La conexión cósmica), recurre a imágenes populares para expresar la azarosa evolución de las formas de vida en nuestro planeta:

La evolución de la vida en la Tierra es producto de eventos aleatorios, mutaciones fortuitas y pasos individuales improbables; las pequeñas diferencias en las primeras etapas de la evolución de la vida tienen una significación profunda en las etapas posteriores de dicha evolución. Si la Tierra fuera a empezar nuevamente y solo operaran factores aleatorios, creo que el resultado final no se parecería en nada a los seres humanos. Si este fuera el caso, mucho menos probable es que organismos en evolución en el transcurso de cinco mil millones de años o más, independientemente y en el ambiente –tan diferente del nuestro– de otro planeta en una estrella lejana, se parecieran a los seres humanos.

Así, el frágil recurso en la ciencia ficción del amor sexual entre un ser humano y un habitante de otro planeta ignora en el sentido más fundamental la realidad biológica. John Carter pudo haber amado a Dejah Thoris pero, a pesar de lo que Edgar Rice Burroughs creía, su amor no pudo haberse consumado. Y de poderse, no habría sido posible una descendencia viable. De la misma manera, la historia de encuentros cercanos, muy de moda ahora en algunos círculos de entusiastas de los ovnis, sobre contactos sexuales entre humanos y extraterrestres –descritos recientemente en un encabezado de un periódico semanal con el modesto título "Fornicamos con una rubia de un platillo volador"–, debe relegarse al reino de la fantasía improbable. Esas cruzas son tan razonables como la cópula entre un hombre y una petunia.

Una frase popular –a menudo encontrada en libros populares sobre los planetas– es "la vida como la conocemos". Leemos que "la vida como la conocemos" es imposible en tal o cual planeta. Pero ¿qué es la vida como la conocemos? Depende enteramente de quiénes somos "nosotros". Una persona con pocos conocimientos de biología, que carece de una aguda apreciación

de las numerosas adaptaciones y variedades de los organismos terrestres, tendrá una idea muy pobre del espectro de posibles hábitats biológicos. Se dan discusiones, aun entre científicos afamados, que dan la impresión de que un ambiente que es incómodo para mi abuela es imposible para la vida.

[The evolution of life on Earth is a product of random events, chance mutations, and individually unlikely steps; small differences early in the evolution of life have a profound significance later in the evolution of life. Were we to start the Earth over again and let only random factors operate, I believe that we would wind up with nothing at all resembling human beings. This being the case, how much less likely it is that organisms evolving over five billion or more years, independently in a quite different environment of another planet of a far-off star, would closely resemble human beings.

Thus, the hoary science-fiction standby of the sexual love between a human being and an inhabitant of another planet ignores, in the most fundamental sense, the biological realities. John Carter could love Dejah Thoris, but, despite what Edgar Rice Burroughs believed, their love could not be consummated. And if it could, a viable offspring would not be possible. Likewise, the category of contact story, now quite fashionable in some UFO enthusiast circles, of sexual contact between human and saucerian –most recently described in a weekly newspaper headline with the modest title "We sexed a Blonde from a Flying Saucer!"– must be relegated to the realm of improbable fantasy. Such crossings are about as reasonable as the mating of a man and a petunia.

A popular phrase –often encountered in popular books on the planets– is "life as we know it". We read that "life as we know it" is impossible on this planet or that. But what is life as

we know it? It depends entirely on who the "we" is. A person who is unsophisticated in biology, who lacks a keen appreciation of the multitudinous adaptations and varieties of terrestrial organisms, will have a meager idea of the range of possible biological habitats. There are discussions, even by famous scientists, that give the impression that an environment that is uncomfortable for my grandmother is impossible for life.]

Superforce (Superfuerza), de Paul Davies, expresa en un lenguaje claro y directo lo extraño del mundo físico, en el que nuestra experiencia sensible es incapaz de abarcar la complejidad de los fenómenos subyacentes al mundo atómico.

Los misteriosos efectos de la física cuántica y la relatividad sobre nuestras ideas tradicionales de espacio y tiempo impregnan al mundo con una vaguedad y una subjetividad que niegan su normalidad cotidiana. La normalidad es una consecuencia del limitadísimo espectro de experiencias que nos son familiares. En nuestras vidas diarias, jamás viajamos a velocidades lo suficientemente grandes como para que las distorsiones espaciales o temporales se hagan notables, y la mayoría de nosotros no se adentra laboriosamente en el reino inasible y nebuloso del átomo. Aun así, el mundo tradicional, ordenado, del sentido común de la experiencia, es una impostura. Tras él se encuentra un mundo oscuro y paradójico de existencia fantasmal y perspectivas cambiantes.

El surrealismo nebuloso expuesto por la nueva física es particularmente agudo cuando de la materia se trata. El que podamos depender de la solidez de, digamos, una roca, nos asegura de la existencia concreta de objetos en el mundo externo. Pero nuevamente aquí un escrutinio más cuidadoso debilita las impresiones del sentido común. Al microscopio, el

material de la roca se revela como una complicada trama de cristales entretejidos. Un microscopio electrónico puede descubrir los átomos individuales, espaciados en un arrreglo regular con grandes huecos en medio. Sondeando a los mismos átomos, encontramos que son casi puro espacio vacío. El diminuto núcleo ocupa apenas una billonésima parte del volumen del átomo. El resto está poblado por una nube de titubeantes electrones efímeros, alfileretazos de solidez arremolinándose en océanos de vacío. Aun el núcleo, tras inspección cercana, resulta ser un pulsante conglomerado de partículas que se desvanecen. La aparentemente concreta materia de la experiencia se disuelve en vibrantes patrones de energía cuántica.

No hay duda del fuerte elemento místico que subyace a muchos conceptos de la nueva física. La vieja noción del universo como un mecanismo de relojería que se desarrolla ineluctablemente a lo largo de una trayectoria predeterminada, inmerso en un marco espaciotemporal absoluto, ha sido demolida. En su lugar hay una colección de imágenes, cada una reflejo de un aspecto de la experiencia del sentido común, pero que no se pueden relacionar de manera ordenada. ¿Un electrón es onda o partícula? Ambas formas conjuran una imagen mental clara, pero no podemos relacionarla con alguna entidad para la cual la respuesta es "ambas". Tampoco podemos visualizar fácilmente la idea del espacio curvo o en constante expansión. Asociamos espacio con vacío y un vacío envolvente es un obstáculo mental que pocos pueden librar.

[The weird effects of quantum physics and relativity on our traditional ideas of space and time imbue the world with a vagueness and subjectivity that belies its everyday normality. Normality is a consequence of the exceedingly limited range of

experience with which we are familiar. In our daily lives we never travel at speeds great enough for timewarps and spacewarps to become noticeable, and most of us do not delve into the fuzzy and nebulous realm of the atom. Yet the traditional, orderly, commonsense world of experience is a sham.

Behind it lies a murky and paradoxical world of shadowy existence and shifting perspectives.

The nebulous surrealism exposed by the new physics is particularly acute when it comes to matter. The solid dependability of, say, a rock, reassures us of the concrete existence of objects in the external world. Yet here again closer scrutiny undermines commonsense impressions. Under a microscope the material of the rock is revealed to be a tangle of interlocking crystals. An electron microscope can uncover the individual atoms, spaced out in a regular array with large gaps in between. Probing into the atoms themselves, we find that they are almost entirely empty space. The tiny nucleus occupies a mere trillionth of the atom's volume. The rest is populated by a cloud of neither-here-nor-there ephemeral electrons, pinpricks of solidity whirling about in oceans of void. Even the nucleus, on closer inspection, turns out to be a pulsating package of evanescent particles. The apparently concrete matter of experience dissolves away into vibrating patterns of quantum energy.

There is no doubting the strong mystical element that underlies much of the new physics. The old view of the universe as a clockwork mechanism slavishly unfolding along a predeterminated pathway, embedded in an absolute spacetime framework, has been swept away. In its place is a collection of images, each reflecting one aspect of commonsense experience, but failing to connect together in an orderly way. Is an electron

a wave or a particle? Both forms conjure up a clear mental image, but we cannot relate to any one entity for which the answer is "both". Nor can we easily picture the idea of space being curved or undergoing expansion. Space we associate with emptiness, and wrapped emptiness is a mental obstacle few can surmount.]

Fred Hoyle, en el capítulo "El universo del matemático" de su libro Ten Faces of the Universe (Diez caras del Universo), al reordenar los acontecimientos en torno al descubrimiento de la inexistencia del éter, nos lleva del clímax de lo heróico al anticlímax de lo prosaico:

Los científicos del siglo diecinueve estaban acosados por un concepto erróneo, y el verdadero problema al que se enfrentaban era liberarse de esta obstrucción. Nadie podía comprender cómo una interacción puede ir de la partícula b a la partícula a de la figura 3.1 simplemente a través del espacio y del tiempo. Todos sentían que tenía que existir entre los puntos A y B de esa figura algún tipo de material que transmitiera la interacción.

Ya que dicho material no se encontró mediante experimentos, debía ser un material inherentemente invisible, una gelatina invisible que vibrara al pasar la interacción de B a A. Riemann y Cauchy fallaron en sus intentos de describir la interacción eléctrica porque trataron de hacerlo en esos términos. Aun después de Maxwell, quien evadió la gelatina, todos creían que tenía que haber alguna manera de que la sustancia encajara en la historia y desperdiciaron veinte años o más tratando de desarrollar esta idea equivocada. Por supuesto, si hubieran utilizado las palabras "gelatina invisible", lo absurdo de lo que estaban tratando de hacer se habría detectado pronto.

Pero le llamaron "éter" que, al ser una palabra griega de elevadas asociaciones culturales, era mucho más difícil de condenar. Por esto es que hoy día los científicos utilizan palabras absurdas como "cuark" para describir incluso conceptos muy serios. Ya es de por sí bastante duro tratar de no engañarse uno mismo sin tener que lidiar con palabras confusas como "éter".

Fue Lorentz quien primero sospechó el error, Poincaré quien primero se convenció de él y Einstein quien lo destruyó de un solo golpe ante los ojos de todo el mundo científico en el año de 1905. Pero a excepción de las nuevas ecuaciones de Lorentz y Minkowski, el logro no había sido realmente importante. Se reducía a escribir las ecuaciones matemáticas descubiertas por Maxwell en un formato que hoy llamaríamos cuadridimensional, es decir, con la dimensión del tiempo tratada igual que las dimensiones espaciales, de manera semejante a como hemos dibujado nuestros diagramas de espaciotiempo en estos capítulos. La teoría especial de la relatividad fue realmente una reorientación de la actitud científica. El gran descubrimiento lo había hecho Maxwell treinta años atrás.

[Scientists during the nineteenth century were plagued by a wrong concept, and the real problem they faced was to get rid of this blockage. Nobody could understand how an interaction can go from particle b to particle a in Figure 3.1 simply through space and time. They all felt that some form of material that transmitted the interaction had to be present between points A and B of this figure. Since no such material was found by experiment, it had to be an inherently invisible form of material, an invisible jelly which vibrated when it passed the interaction from B to A. Riemann and Cauchy failed in their attempts to describe the electrical interaction, because they

sought to do so in this terms. Even after Maxwell, who eschewed the jelly, everybody still thought there had to be some way in which the stuff could be brought into the story, and they spent twenty years or more in seeking to develop this wrong idea. Of course, if they had used the words "invisible jelly", the absurdity of what they were trying to do would soon have been recognized. But they called it "aether", which, being a Greek word of high cultural associations, was much harder to decry. This is why scientists today use nonsense words like "quark" to describe even very serious concepts. It is hard enough to avoid deceiving oneself without having confusing words like "aether" to cope with.

It was Lorentz who first suspected the error, Poincaré who first became convinced of it, and Einstein who destroyed it in the eyes of the whole scientific world in one hammer blow in the year 1905. But with the exception of the new equations of Lorentz and Minkowski, the achievement had not really been a major one. It amounted to writing the mathematical equations discovered by Maxwell in what today we would call a four-dimensional format –that is to say, with the time dimension treated like the spatial dimensions, much as we have drawn our spacetime diagrams in these chapters. The special theory of relativity was really a reorientation of scientific attitude. The great discovery had already been made thirty years earlier, by Maxwell.]

En todos los textos citados la calidad del estilo es una de las características fundamentales. Independientemente de su tema, ¿podrían reconocérseles cualidades literarias? En caso afirmativo, ¿en qué reside lo literario del texto? Estas cuestiones las abordaremos a continuación.

Notas

[9]En vista de que muchos de los textos que se analizan en este capítulo y el siguiente no han sido publicados en español, hemos decidido presentar entre corchetes, a continuación de traducciones hechas por la autora de la presente obra, las versiones originales en inglés, con el fin de que el lector interesado pueda apreciar sus cualidades literarias en su lengua original.

[10]No tuve acceso al original en inglés. Utilicé la magnífica traducción del Seminario de problemas científicos y filosóficos de la UNAM, dirigido por Eli de Gortari.

LITERATURA, CIENCIA Y DIVULGACIÓN

En la introducción a este trabajo afirmé y subrayé la idea de que la buena divulgación, la que tiene "éxito", tiene más nexos con la literatura que con la ciencia. No existe una definición de literatura ni, afortunadamente, una teoría científica de la literatura, en el sentido que ha pretendido Lotman (o que preconiza Kuhn). Por ello, echaré mano de un método de análisis útil y práctico: el de las semejanzas y diferencias. De la teoría literaria extraeré algunas características de la literatura y las contrastaré con las características de la ciencia, para después abordar el problema de la divulgación. Dado lo artesanal de mi método, es posible que los resultados de este análisis no sean

aceptados ni por los científicos ni por los literatos. Espero que este análisis, al menos, cause polémica entre los divulgadores.

Ciencia y literatura

El interés en la relación entre ciencia y literatura puede rastrearse hasta Francis Bacon, siglos antes de que C. P. Snow esbozara las fronteras de las "dos culturas", pero este interés ha cobrado intensidad en los últimos diez años.

Para analizar esta relación existen diferentes enfoques: el de los literatos, el de los científicos y el mixto. A los primeros pertenece el libro de Aldous Huxley Literatura y ciencia, que analiza la ciencia como posible fuente de inspiración para la literatura, en particular la poesía. Tanto por cuestiones familiares como personales, Huxley siempre se interesó en la ciencia de su tiempo. Su postura, que ya discutimos, considera que si nuestro siglo es eminentemente científico, es de esperarse que la ciencia deje huella en la literatura.

El análisis (poco frecuente) de los científicos hacia la literatura tiene que ver más con la filosofía y la historia de la ciencia. Un excelente ejemplo de análisis de la interacción entre ambas disciplinas es la ya citada introducción al libro Una pasión por la ciencia de Lewis Wolpert y Alison Richards.

El enfoque mixto o "interdisciplinario", como hoy se da en llamarlo, es el que rastrea desde los dos puntos de vista la influencia de la ciencia en la literatura. Un texto que ejemplifica este enfoque es el de Alan J. Friedman y Carol C. Donley, Einstein as Myth and Muse (Einstein, mito y musa), donde el tema de la relatividad se rastrea en obras de Durrell, Nabokov, Woolf, Williams y MacLeish.

No conozco opiniones de científicos sobre el libro de Huxley, ni de literatos sobre el de Wolpert y Richards; las opiniones

tanto de unos como de otros sobre el de Friedman y Donley son más bien negativas. Mi opinión es que, en general, los científicos (literatos) siempre protestarán porque la ciencia (literatura) no es tratada con el "debido cuidado". Lo que es cierto es que es fácil caer en la tentación de encontrar en la literatura manifestaciones de caos, incertidumbre o relatividad.

Otro ejemplo del enfoque mixto son las reuniones anuales de la Society for Science and Literature, fundada en 1985, que proporcionan un foro importante para la discusión de las intersecciones entre las ciencias y las humanidades, ciencias sociales y medicina.

Joseph W. Slade cita una colección de ensayos titulada La literatura de la ciencia: perspectivas de la escritura científica popular, en uno de los cuales Jeanne Fahnestock contrasta los protocolos de Science con su publicación hermana Science 82 (y años subsecuentes) para mostrar lo que sucede cuando los "descoloridos y pasivos lenguajes profesionales se escapan del laboratorio". Los artículos en la última "celebran" y "glamorizan" supuestos resultados, mientras que aquellos, en la primera, enfatizan el proceso de descubrimiento y lo tentativo de las conclusiones. Dice Slade:

Los periodistas suelen ser dados a las metáforas dramáticas aunque irrelevantes; como si yo de pronto proclamara que la celulosa de esta página podría alimentar a 78 billones de plancton. Pero, según dice David Stone en su estudio de la mezcla de hechos y ficción en la revista Omni, este es el precio que la ciencia debe pagar a cambio de apoyo cultural. Cuando los científicos se ríen de quienes se apropian del principio de incertidumbre como evidencia del libre albedrío, no comprenden que tales metáforas ofrecen a los ciudadanos ordinarios una oportunidad para protestar contra un "poder racional del

Estado" que demasiado a menudo parece determinista debido a su todavía más sistemática explotación de los logros científicos. Si los científicos piensan que el público ignora la importancia de la investigación precisa de las "realidades últimas", el público lego se procupa de cómo les afectará personalmente las decisiones políticas y económicas y concluyen que los científicos ignoran los temas de poder y moral.

Pero lo más interesante es que, según Slade, el sesgo literario de la labor del científico reside en que los investigadores, como los artistas, "leen" eventos y datos para interpretar, y que las notas de laboratorio, solicitudes de patrocinio y artículos científicos son tan susceptibles de análisis retórico y lingüístico como lo son las novelas y los poemas. Extrapolemos esta idea y tratemos de mirar ya no el texto científico sino el texto de divulgación con los ojos del análisis literario.

Lo literario

El problema de lo literario ha sido abordado por innumerables autores. En lo que sigue me basaré en la introducción del libro de Terry Eagleton Una introducción a la teoría literaria, cuyo enfoque me parece el más amplio para mis fines.

Aun quienes estén en total desacuerdo con todas las ideas sobre la divulgación expresadas hasta este punto, no podrán negar que divulgación y literatura tienen al menos una cosa en común: la dificultad para definirlas. En uno de varios intentos, se ha definido la literatura como obra de "imaginación" en el sentido de que se trata de una ficción, de una invención, de escribir sobre algo irreal. Pero la distinción entre realidad y ficción es a menudo demasiado débil e imprecisa como para

respaldar tal definición. Por un lado, si literatura son los escritos de imaginación, entonces queda fuera mucho de lo que comúnmente consideramos como literatura. Por otro lado, si solo los textos literarios gozan de la calidad de imaginativos, estamos negando esa calidad a la historia, la filosofía y las ciencias.

Un enfoque totalmente diferente, que no se basa en el carácter novelístico o imaginativo de la literatura, es el que se refiere a su empleo característico de la lengua. Según los formalistas rusos, lo literario consiste en una forma de escribir en la cual "se violenta organizadamente el lenguaje ordinario". La literatura transforma e intensifica el lenguaje ordinario; se aleja sistemáticamente de la forma en que se habla en la vida diaria. Los formalistas consideraron la obra literaria como un conjunto más o menos arbitrario de "recursos" relacionados entre sí, o como "funciones" dentro de un sistema textual total.

El discurso literario aliena o enajena el lenguaje ordinario, pero, paradójicamente, al hacerlo, proporciona una posesión más completa, más íntima de la experiencia. Leemos una nota garrapateada por un amigo sin prestar mucha atención a su estructura narrativa; pero si un relato se interrumpe y después recomienza, si cambia constantemente su nivel narrativo y retarda el desenlace para mantenernos en suspenso nos damos al fin cuenta de cómo está construido y, al mismo tiempo, quizá también se haga más intensa nuestra participación.

Para los formalistas, la literatura es una clase "especial" de lenguaje que contrasta con el lenguaje "ordinario" que generalmente empleamos. Pero para reconocer esta diferencia de lenguajes hay que presuponer que existe un solo lenguaje "normal", lo cual no ocurre. Cualquier lenguaje consiste en

gamas muy complejas del discurso, que varían según la clase social, la religión, el sexo, la categoría, la intención, etcétera, y es imposible unificar estos factores en una sola comunidad lingüística homogénea. Por otro lado, no todas las desviaciones lingüísticas son literarias (aunque en gremios como el de los fisicomatemáticos se utilicen expresiones como "belleza de una demostración matemática" cuando esta les satisface "estéticamente").

Para los formalistas, "lo literario" era una función de las relaciones diferenciables entre dos formas de expresión y no una propiedad inmutable. No se habían propuesto definir la "literatura" sino lo "literario", los usos especiales del lenguaje que pueden encontrarse en textos "literarios", pero también en otros diferentes. No hay recurso "literario" que no se emplee continuamente en el lenguaje diario.

En efecto, ¿cómo puede reconocerse que una expresión o un recurso son literarios si el lenguaje en sí mismo carece de calidad o propiedades que permitan distinguirlo de cualquier otro tipo de discurso? Es el contexto el que nos revela su carácter literario: si la expresión proviene de una novela conocida, si el recurso forma parte de un texto que se ha leído como "literario", si figura en el programa de lecturas de un curso universitario de literatura, incluso si el texto lo he tomado del estante etiquetado como "novela" en la librería o biblioteca. Como se ve, la dependencia del contexto no hace una buena definición de lo "literario". Este es un detalle que nos servirá más adelante para contestar por qué no solemos leer la divulgación como literatura.

Otra definición consiste en decir que la literatura es un discurso "no pragmático". Para aprender física utilizamos un

texto didáctico, y para avisar de un robo recurrimos a un acta legal. La literatura, en cambio, carece de un fin práctico inmediato y debe referirse a una situación de carácter general. Aquí podría decirse que la divulgación tiene un carácter práctico en el sentido (véase la introducción) de que tiene como fin recrear la ciencia sin deformar los conceptos. Sin embargo, veremos después que la buena divulgación logra un interés general. Pero esta manera de definir la literatura también contiene problemas.

En buena parte de lo que se clasifica como literatura, el valor verdad y la pertinencia práctica de lo que se dice se considera importante para el efecto total. Pero aun si el tratamiento "no pragmático" del discurso es parte de lo que quiere decirse con el término "literatura", se deduce de esta "definición" que, de hecho, no se puede definir la literatura "objetivamente". Se deja la definición de literatura a la forma en que alguien decide leer, no a la naturaleza de lo escrito.

Aunque es evidente que muchos tipos de textos no se concibieron con "fines pragmáticos", esto no garantiza que vayan a leerse desde ese punto de vista. Cualquiera puede leer una novela o un poema y extraer de ellos una "enseñanza", por ejemplo. En el caso de la divulgación, no hay razón para que no ocurra lo contrario. Yo puedo leer lo que Sagan relata sobre el cosmos no porque piense que allí encontraré información digna de crédito sobre los procesos del universo, sino porque me agrada la prosa de Sagan o porque me deleitan las representaciones de la soledad del ser humano frente a lo infinito. Se dirá que eso no es leer el texto "como divulgación"; pero ¿podría decirse que leo los textos de Sagan como literatura siempre y cuando generalice yo lo que él dice sobre los procesos

del cosmos y lo eleve a la categoría de declaraciones de valor cósmico sobre la vida humana?

Lo que es cierto es que muchas de las obras que se estudian como literatura en las instituciones académicas fueron "construidas" para ser leídas como literatura, pero también es verdad que muchas no fueron "construidas" con ese propósito. Un escrito puede comenzar a vivir como historia, filosofía o ciencia y, posteriormente, ser clasificado como literatura; o bien puede empezar como literatura y acabar siendo apreciado por su valor arqueológico. Algunos textos nacen literarios, dice Eagleton; a otros se les impone el carácter literario y a este respecto puede contar mucho más la educación que la cuna. Quizá lo importante no sea de dónde vino uno sino cómo lo trata la gente. Si la gente decide que tal o cual escrito es literatura parecería que de hecho lo es, independientemente de lo que se haya intentado al concebirlo. Si las obras de divulgación siempre se han clasificado como ciencia, al abordarlas las leeremos como ciencia; jamás nos percataremos de su valor como literatura, si lo tienen.

De lo anterior se desprende que lo literario no puede considerarse tanto como una cualidad o conjunto de cualidades inherentes que quedan de manifiesto en cierto tipo de obras, sino como las diferentes formas en que la gente se relaciona con lo escrito.

No es fácil separar, de todo lo que en una u otra forma se ha denominado "literatura", un conjunto fijo de características intrínsecas. No hay absolutamente nada que constituya la "esencia" misma de la literatura. Cualquier texto puede leerse sin "afán pragmático", suponiendo que en esto consista el leer algo como literatura; asimismo, cualquier texto puede ser leído "poéticamente".

Aun así, es imposible definir cuáles son las formas "pragmáticas" o cuáles las formas "poéticas" de relacionarse con el lenguaje. Por supuesto que nadie confunde lo que significa leer una novela por gusto con leer un anuncio en el metro. Pero ¿qué significa leer un texto de biología para enriquecer la mente? ¿Cómo clasificar el hecho de que la lectura de un texto sobre cosmología nos produzca una sensación religiosa? ¿Constituye esto una forma pragmática de tratar el lenguaje? Parece ser que la distinción tajante entre lo "práctico" y lo "no práctico" solo resulta posible en una sociedad como la nuestra, donde la literatura en buena parte ha dejado de tener una función práctica. Un género donde esto es especialmente notable es el ensayo.

¿Es literatura todo ensayo? Según T. Adorno:

[...] la suerte y el juego son esenciales al ensayo. No comienza con Adán y Eva sino con lo que se le antoja hablar; dice lo que se le ocurre en ese contexto y se detiene cuando siente que ha terminado en lugar de hacerlo cuando ya no hay más que decir[...] La manera en que el ensayo se apropia conceptos puede compararse con la conducta de alguien en un país extranjero que es obligado a hablar la lengua en lugar de componerla con partes de sus elementos según las reglas que se aprendió en la escuela [...] Este tipo de aprendizaje se mantiene vulnerable al error; así, el ensayo como forma debe pagar por sus afinidades a una experiencia intelectual abierta con la falta de seguridad que la norma del pensamiento establecido teme como a la muerte.

El ensayo es una de las formas más utilizadas por los divulgadores de la actualidad. Montaigne es deliberadamente

imitado por Lewis Thomas, Stephen Jay Gould y Oliver Sacks.

Quizá se esté presentando como definición general una acepción de "lo literario" que en realidad es históricamente específica. Por lo tanto, no estamos posibilitados para decir con precisión por qué Shakespeare, Dostoievski y Simon son literatura, ni tampoco por qué podrían no serlo Einstein, Darwin o Jay Gould. Tal vez quien conozca únicamente a los tres primeros responda que son literatura porque son ejemplos de lo "bien escrito". Esta respuesta sugiere de un modo general que la gente denomina "literatura" a los escritos que le parecen bien escritos. Pero quien conozca también a los otros tres, no podría excluirlos de esta categoría sin correr el riesgo de emitir un juicio no solo erróneo sino corto de miras.

Parecería, pues, que los juicios de valor tienen mucho que ver con lo que se juzga como literatura y con lo que se juzga que no lo es. Curiosamente un escrito, para ser literario, no solo debe caber dentro de la categoría de lo "bien escrito", sino pertenecer a lo que se considera "bien escrito", aun cuando se trate ya sea de un ejemplo inferior o de un tema ajeno a una forma o a una temática generalmente apreciadas. Es por ello que las frases "bien escrito" o "bellas letras" son ambiguas, pues denotan una clase de composiciones generalmente muy apreciadas pero no comprometen a opinar que tal o cual ejemplo en particular es "bueno".

Si asumimos, dice Eagleton, que "literatura" es una forma de escribir altamente estimada, nos enfrentaremos a la imposibilidad de definirla "objetivamente", pues cualquier cosa puede ser literatura y cualquier cosa que inalterable e incuestionablemente se considera literatura puede dejar de serlo. Por supuesto que podemos reconocer formas de expresión, como la novelada y la sublime; actitudes frente a la realidad, como el realismo, el naturalismo, el simbolismo y el

surrealismo; doctrinas, como la del expresionismo; corrientes, como el petrarquismo; periodos, como el humanismo, el barroco y el romanticismo. Pero la definición de literatura como forma de escribir altamente apreciada no es una entidad estable pues depende de juicios de valor, que son variables. Así como en una época la gente puede considerar filosófica la obra que más tarde calificará de literaria, o viceversa, también puede cambiar de opinión sobre lo que considera escritos valiosos. (Un ejemplo de esto es la obra escrita de Freud, que hoy forma parte de las antologías literarias). Más aún, puede cambiar de opinión sobre los fundamentos en que se basa para decidir entre lo que es valioso y lo que no lo es. El estudio de la literatura no es pues el estudio de una entidad estable y bien definida, como ocurre con la termodinámica. No existe un conjunto de obras de valor asegurado e inalterable, llamado literatura, caracterizado por ciertas propiedades, intrínsecas y compartidas.

Entonces, ¿cómo explicar que ciertas obras literarias parecen conservar su valor a través de los siglos? Dice Steiner:

> En la gran conversación con los muertos vivientes que llamamos lectura, nuestro papel no es pasivo. Más que la ensoñación de un apetito indiferente surgido del tedio, la lectura es una forma de acción. Hacemos nuestra la presencia, la voz del libro. Le permitimos entrada, aunque no sin vigilancia, a nuestro ser más profundo. Un gran poema, una novela clásica, nos hacen sentir su presión; nos asaltan y ocupan los sitios más fuertes de nuestra conciencia. Ejercen acción sobre nuestra imaginación y nuestros deseos, sobre nuestras ambiciones y nuestros sueños más ocultos con extraño e hiriente dominio.

Quizá la respuesta está en que asignamos valor a las obras literarias a través de lo que nos preocupa o interesa como seres

humanos; a lo que nos conmueve, nos agita, nos hace mirarnos en un espejo. Pero esas inquietudes humanas que compartimos hoy con la obra literaria, también han experimentado cambios. Es posible que, en realidad y sin saberlo, no hayamos estado evaluando la "misma" obra, ni de una a otra época, ni de un lector a otro.

En resumen: ni el recurso de la invención, ni el empleo característico de la lengua, ni el carácter de no pragmático son exclusivos de la literatura. El aprendizaje, la tradición de considerar estas características como exclusivas de la literatura así como la imposición del carácter literario a ciertas obras han dado lugar al destierro de las ciencias del reino de las bellas letras. (Una excepción que confirma la regla es el apartado "La literatura de la ciencia" de La historia concisa de la literatura inglesa, de Cambridge, en el que, sin embargo, se hace un recuento de autores y títulos, ordenados de manera histórica, pero sin mencionar las cualidades "literarias" de unos u otros).

Quedémonos, por ahora, con la noción de que una obra literaria es un texto bien escrito cuyo valor (variable) descansa en su capacidad de reflejar las preocupaciones humanas vigentes.

La intersección

Aun cuando en el último apartado del capítulo anterior encontramos entre ciencia y literatura las similitudes que derivan de que ambas son actividades intelectuales de creación, saltan a la vista con bastante intensidad sus enormes diferencias: apasionamiento contra frialdad, objetividad contra subjetividad, experiencia pública contra privada, interés por los problemas humanos contra despersonalización.[11] En capítulos anteriores mencionamos además el problema del lenguaje

especializado y la falta de una cultura científica. Todos estos ingredientes de la ciencia actúan como "repelentes" para el público general. ¿Qué tiene que ver ese conocimiento abstracto e impersonal con sus problemas cotidianos, con sus pasiones y sentimientos?

Nadie, en su sano juicio, pretendería pedir más "objetividad" a la literatura o más "subjetividad" a la ciencia. Cada una desempeña un papel sui generis en el conglomerado que hoy llamamos cultura. Pero de esos dos conjuntos tan distintos se puede dar una intersección que conjugue ambas actividades creativas: la divulgación de la ciencia.

No es casual que los temas de ciencia que más aceptación tienen entre el público son los que tratan de la salud, como enfermedades, drogas, trasplantes, etcétera, todos ellos desde el punto de vista de la preocupación cotidiana por la vida y la muerte. En cuanto estos temas cambian de escala, digamos a la bioquímica, dejan de interesar a la gente. El tema que le sigue a la salud en aceptación es la astronomía, en particular la cosmología. Las preguntas, tan añejas como la propia humanidad, sobre su origen, su lugar en el universo y los motivos cósmicos de su existencia, llegan a tocarse con preocupaciones casi religiosas. Pero, como en el caso de la salud, en cuanto el tema deja de ser la futura muerte del Sol para pasar a los procesos termonucleares de las estrellas, el interés decae notablemente.

¿Cómo interesar a un lector en algo tan aparentemente inerte (en sentido figurado, claro) como un átomo de carbono o un fotón?

Divulgación y literatura

Podría yo narrar un número interminable de historias sobre átomos de carbono que devinieron colores o perfumes de las flores; de otros que, desde diminutas algas a pequeños crustáceos y a peces, regresaron gradualmente el monóxido de carbono a las aguas del mar en una danza circular perpetua de vida y muerte, en la cual cada devorador es inmediatamente devorado; de otros que lograron una decorosa semieternidad en las páginas amarillentas de algún documento archivado o en el lienzo de un pintor famoso; de aquellos a quienes tocó el privilegio de formar parte de un grano de polen y que dejaron su huella fósil en las rocas para curiosidad nuestra; de otros más que descendieron a ser parte de los misteriosos mensajeros con forma de semilla humana y participaron en el sutil proceso de división, duplicación y fusión a partir del cual todos nacemos. En vez de todo eso, contaré la historia de solo uno más, el más secreto, y la contaré con la humildad y la discreción de quien desde el principio sabe que el negocio de vestir los hechos con palabras está, por su propia naturaleza, destinado a fallar.

Nuestro átomo de carbono está de nuevo entre nosotros, en un vaso de leche. Está inserto en una larga cadena química, muy compleja, pero tal que casi todos sus eslabones son aceptables por el cuerpo humano. Entonces es deglutida. Ya que toda estructura viviente alberga una salvaje desconfianza hacia cualquier contribución de origen vivo, sea cual sea su material, la cadena es desmembrada minuciosamente y sus fragmentos, uno por uno, aceptados o rechazados. Uno de ellos, el que nos interesa, cruza el umbral del intestino y entra a la corriente sanguínea, donde el átomo migra, toca a la puerta de una célula nerviosa, entra y suplanta al carbono que formaba parte de ella. Esta célula pertenece a un cerebro, a mi cerebro; la célula en cuestión, y dentro de ella el átomo en cuestión, están a cargo de mi escritura, en un misterioso juego que nadie aún ha descrito.

Es aquel que en este instante, salido de una trama laberíntica de síes y noes, hace que mi mano se mueva a lo largo de una cierta trayectoria sobre el papel, lo marque con estas volutas que son signos: un trazo doble, hacia arriba y hacia abajo, entre dos niveles de energía, guía esta mi mano para imprimir sobre este papel este punto aquí, este mismo.

[I could recount an endless number of narratives about carbon atoms that became colors or perfumes in flowers; of others that, from tiny algae to small crustaceans to fish, gradually returned carbon monoxide to the waters of the sea in a perpetual round dance of life and death, in which every devourer is immediatly devoured; of others that attained a decorous semi-eternity in the yellowed pages of some archival document, or on the canvas of a famous painter; of those to which fell the privilege of forming part of a grain of pollen and that left their fossil imprint in the rocks for our curiosity; of others still that descended to become part of the mysterious messengers of the shape of the human seed and participated in the subtle process of division, duplication, and fusion from which each of us is born. Instead, I will tell the story of only one more, the most secret, and I will tell it with the humility and constraint of him who knows from the start that the trade of clothing facts in words is bound by its very nature to fail.

Our atom of carbon is again among us, in a glass of milk. It is inserted in a very complex, long chemical chain, yet such that almost all of its links are acceptable to the human body. It is then swallowed. Since every living structure harbors a savage distrust toward every contribution of diverse material of living origin, the chain is meticulously shattered and its fragments, one by one, are accepted or rejected. One –the one that concerns us– crosses the intestinal threshold and enters the bloodstream,

where the atom migrates, knocks at the door of a nerve cell, enters, and supplants the carbon that was part of it. This cell belongs to a brain, and it is my brain; the cell in question, and within it the atom in question, are in charge of my writing, in a mysterious game that nobody has yet described. It is that which at this instant, issuing out of a labyrinthine tangle of yes and no, makes my hand run along a certain path on the paper, mark it with this volutes that are signs: a double snap, up and down, between two levels of energy, guides this hand of mine to impress on this paper this dot here, this one.]

El texto anterior está tomado del libro La tabla periódica de Primo Levi, capítulo "Viajes con C". A continuación veamos un extracto de "Sonrisa", de Alan Lightman.

Los labios de la mujer están brillando a la luz del sol, reflejando luz de alta densidad en la parte posterior de la retina del hombre [...]

Después de unos 30 segundos –después de que varios cientos de billones de partículas de luz reflejada han entrado a los ojos del hombre y han sido procesadas– la mujer dice hola. Inmediatamente, las moléculas de aire son comprimidas, partiendo de sus cuerdas vocales y viajando en un movimiento como de resorte hasta los oídos del hombre. El sonido hace el viaje desde ella hasta él (20 pies) en un cincuentavo de segundo.

Dentro de cada uno de sus oídos, el aire vibrante rápidamente cubre la distancia hasta el tímpano. El tímpano, una membrana oval de unas 0.3 pulgadas de diámetro inclinada 55 grados respecto al piso del canal auditivo, empieza a vibrar a su vez y transmite su movimiento a tres diminutos huesos. De allí, las vibraciones agitan el fluido en la cóclea, curvada en espiral como un caracol de dos y media vueltas.

Dentro de la cóclea, los tonos son descifrados. Aquí, una membrana muy delgada ondula en consonancia con las oleadas del fluido y a través de esta membrana basilar corren diminutos filamentos de diversos gruesos, como cuerdas de un arpa. La voz de la mujer, desde la distancia, toca esta arpa. Su hola empieza en los registros bajos y eleva su tono hacia el final. En respuesta precisa, los filamentos gruesos de la membrana basilar vibran primero, seguidos de los más delgados. Finalmente, decenas de miles de cilindros salientes de la membrana basilar conducen sus temblores particulares al nervio auditivo.

El mensaje del hola de la mujer, en forma eléctrica, corre por las neuronas del nervio auditivo y entra al cerebro del hombre a través del tálamo hasta una región especializada de la corteza cerebral, para ser procesado.

Finalmente, una gran fracción de los billones de neuronas en el cerebro del hombre es implicada en el cómputo de los datos visuales y auditivos recién adquiridos. Los canales de sodio y potasio se abren y se cierran. Las corrientes eléctricas corren por las fibras neuronales. Las moléculas fluyen de una terminación nerviosa a la siguiente.

Todo esto se sabe. Lo que no se sabe es por qué, después de casi un minuto, el hombre se aproxima a la mujer y le sonríe.

[The woman's lips are glistening in the sunlight, reflecting high density light onto the back of the man's retina [...]

After about 30 seconds –after several hundred trillion particles of reflected light have entered the man's eyes and have been processed– the woman says hello. Immediately, molecules of air are pushed together, beggining in her vocal chords and travelling in a springlike motion to the man's ears. The sound makes the trip from her to him (20 feet) in a 50th of a second.

Within each of his ears, the vibrating air quickly covers the distance to the eardrum. The eardrum, an oval membrane of about 0.3 inch in diameter and tilted 55 degrees from the floor of the auditory canal, itself begins trembling and transmits its motion to three tiny bones. From there, the vibrations shake the fluid in the cochlea, which spirals snail-like two-and-a-half turns around.

Inside the cochlea the tones are deciphered. Here, a very thin membrane undulates in step with the sloshing fluid, and through this basilar membrane run tiny filaments of varying thicknesses, like strings on a harp. The woman's voice, from afar, is playing this harp. Her hello begins in the low registers and rises in pitch toward the end. In precise response, the thick filaments in the basilar membrane vibrate first, followed by the thinner ones. Finally, tens of thousands of rod-shaped bodies perched on the basilar membrane convey their particular quiverings to the auditory nerve.

News of the woman's hello, in electrical form, races along the neurons of the auditory nerve and enters the man's brain through the thalamus to a specialized region of the cerebral cortex for further processing.

Eventually, a large fraction of the trillion neurons in the man's brain become involved with computing the visual and auditory data just acquired. Sodium and potassium gates open and close. Electrical currents speed along neuron fibers. Molecules flow from one nerve ending to the next.

All of this is known. What is not known is why, after about a minute, the man walks over to the woman and smiles.]

El siguiente texto pertenece al ensayo "El discurso del presidente" del libro The Man who Mistook his Wife for a Hat

(El hombre que confundió a su esposa con un sombrero), de Oliver Sacks:

De aquí la sensación que tengo a veces –y que todos los que trabajamos con afásicos tenemos– de que no se le puede mentir a un afásico. Este no puede captar las palabras de otro, por lo que no puede ser engañado por ellas; pero lo que capta lo capta con precisión infalible: la expresión que acompaña a las palabras, esa total, espontánea e involuntaria expresividad que jamás puede simularse o falsificarse, como tan fácilmente se puede hacer con las palabras.

Podemos detectar esto en los perros y a menudo los usamos para este propósito –detectar la falsedad, la malicia, las intenciones equívocas, para que nos digan en quién podemos confiar, quién es íntegro, quién es congruente– cuando nosotros, tan susceptibles a las palabras, no podemos fiarnos de nuestros propios instintos.

Y esto que los perros pueden hacer, lo hacen también los afásicos y en un grado infinitamente superior y humano. "Se puede mentir con la boca", escribe Nietzsche, "pero con el gesto que acompaña, uno sin embargo dice la verdad." Los afásicos son extraordinariamente sensibles a tales gestos, a cualquier falsedad o impropiedad en la apariencia o en la postura corporal. Y si no pueden ver el gesto –lo que ocurre con nuestros afásicos ciegos– tienen un oído infalible que detecta cada pequeñísima diferencia vocal, el tono, el ritmo, las cadencias, la música, las modulaciones más sutiles, las inflexiones y entonaciones que pueden añadir o restar verosimilitud a la voz humana.

Es en esto, entonces, donde descansa su capacidad de comprensión –comprensión, sin palabras, de lo que es auténtico o falso. Eran entonces los gestos, el histrionismo –y, sobre todo,

los tonos y cadencias de la voz del presidente– lo que sonaba falso para estos pacientes sin palabras pero inmensamente sensibles. Era a estas impropiedades e incongruencias, para ellos tan obvias y aun grotescas, a lo que mis pacientes afásicos respondían, sin ser despistados y sin poder ser engañados por las palabras.

Es por ello que se reían del discurso del presidente.

[Thus the feeling I sometimes have –which all of us who work closely with aphasiacs have– that one cannot lie to an aphasiac. He cannot grasp your words, and so cannot be deceived by them; but what he grasps he grasps with infallible precision, namely the expression that goes with the words, that total, spontaneous, involuntary expressiveness which can never be simulated or faked, as words alone can, all too easily.

We recognize this with dogs, and often use them for this purpose –to pick up falsehood, or malice, or equivocal intentions, to tell us who can be trusted, who is integral, who makes sense– when we, so susceptible to words, cannot trust our own instincts.

And what dogs can do here, aphasiacs do too, and at a human and immeasurably superior level. "One can lie with the mouth," Nietzsche writes, "but with the accompanying grimace one nevertheless tells the truth." To such a grimace, to any falsity or impropriety in bodily appearance or posture, aphasiacs are preternaturally sensitive. And if they cannot see one –this is especially true of our blind aphasiacs– they have an infallible ear for every vocal nuance, the tone, the rhythm, the cadences, the music, the subtlest modulations, inflections, intonations, which can give, or remove, verisimilitude from a man's voice.

In this, then, lies their power of understanding – understanding, without words, what is authentic or inauthentic.

Thus it was the grimaces, the histrionisms, the gestures –and, above all, the tones and cadences of the President's voice– that rang false for these wordless but immensely sensitive patients. It was to these (for them) most glaring, even grotesque, incongruities and improprieties that my aphasiac patients responded, undeceived and undeceivable by words.

This is why they laughed at the President's speech.]

Estos son tres excelentes ejemplos que introducen el conocimiento científico tomando como recurso el ámbito de lo cotidiano. No solo están bien escritos sino que incorporan la experiencia pública a la experiencia privada. Pero existen otros recursos que la buena divulgación toma de la literatura y del arte para lograr, como Eagleton, Huxley y Steiner han dicho refiriéndose a la literatura, la universalidad.

Analicemos ahora algunos de esos recursos, retomando los textos ejemplares del capítulo 6.

Recursos literarios

Antes de iniciar nuestro análisis, es necesaria una aclaración. Todos los párrafos de los textos ejemplares pueden, a primera lectura, parecer fuera de contexto. Si, como dice Eagleton, podemos leer casi cualquier cosa como literatura, ¿qué garantiza que los párrafos seleccionados no son la breve introducción a un texto que se volverá oscuro y técnico? ¿O que no forman parte de un texto que "nació literario"? Por último, ¿qué nos asegura que tales textos cumplen con el postulado de ser fieles a los conceptos científicos?

Por supuesto, el lector interesado puede acudir a la bibliografía de este trabajo y leer los textos completos para formar su propia opinión. Por otro lado, a excepción de Nigel

Calder, quien es un reconocido divulgador, todos los autores son (o fueron) científicos en activo, por lo cual puede esperarse autoridad sobre su materia. Que son textos de divulgación no cabe duda; si su intención inicial (suponiendo que pudiésemos conocerla) fue literaria, entonces nos acercaríamos al ideal de la divulgación.

En "El tiempo en la biología", a propósito de las diferentes escalas para los diversos procesos biológicos, Haldane dice: "Una alondra tiene que aprender su canción. Su arte no es menos premeditado que el de Shelley." En esta hermosa analogía está presente la música de la poesía así como la sutileza del concepto de aprendizaje en el arte.

En "El juicio final", Haldane borda, con gran sentido del humor, sobre lo finito de nuestro Sistema Solar y la pequeñez humana. "A lo peor, nuestra tierra es tan solo una pequeña área séptica en el universo..." Al bajarnos de la pretensión de ser los seres más importantes del universo, hasta la maldad cobra un carácter cómico, acompañada por una nota roja en el diario bíblico.

En "El ombligo de Adán" de Stephen Jay Gould, la tradición religiosa, entretejida con la pintura, nos conduce del detalle aparentemente bizantino a un argumento de gran peso sobre la creación divina con la apariencia de preexistencia, para llevarnos a las evidencias paleontológicas de la evolución.

El gen egoísta, de Richard Dawkins, es una analogía cargada de significados donde la idea principal es que un organismo es solo el vehículo del ADN para elaborar más ADN. Para ilustrar lo que son las moléculas replicadoras, el autor recurre a la figura de los copistas de la Edad Media.

En Cosmos, Carl Sagan plasma con una buena dosis de poesía la evolución de nuestro conocimiento del cosmos infinito y eterno. El reconocer que estamos hechos de polvo estelar no

quita grandeza a nuestro ser. La exploración del cosmos es parte de la búsqueda humana de un origen y una pertenencia.

"Por qué cambian las cosas" presenta una visión casi antropomórfica del comportamiento de la materia. Atkins nos introduce a un mundo donde las moléculas experimentan pasiones y las reacciones tienen características conductuales. La noción de azar se asemeja a las ocurrencias de una comedia cuyo guión ha escrito la evolución.

Nigel Calder recurre en Escala temporal a una ironía constante que desacraliza la ciencia. Un párrafo le basta para narrar la evolución de la vida en la tierra, lleno de humor y con un lenguaje casi joyceano. Su catastrófico párrafo termina con la bondad del conocimiento en la figura de la nube atómica.

En El universo simbiótico, George Greenstein hace al universo físico cómplice, más que factor, del origen de la vida. Religión, metafísica, mecánica cuántica, conforman un cosmos donde todo es interdependiente. El párrafo donde nos hace sentir la soledad del hombre, su asombro y miedo ante lo desconocido, no le va a la zaga a la mejor prosa de Bradbury, con un telón de fondo pintado por Chagall.

La conexión cósmica es una muy agradable mezcla de ciencia ficción, cultura pop y humor negro. Sagan utiliza esta mezcla para criticar el punto de vista antropocéntrico de muchos científicos frente a la cuestión de la vida fuera de nuestro familiar planeta.

Hasta los físicos más ortodoxos tienen por separado el mundo de la experiencia diaria y el sentido común, del microcosmos de las partículas que forman la materia. Paul Davies, en Superfuerza, nos habla de ambos mundos y de la imposibilidad práctica de conectarlos. Lo normal, lo cotidiano, es mera apariencia cuya verdadera cara está descrita por un "surrealismo" fantasmagórico y lleno de paradojas.

Pocos hombres de ciencia, como Hoyle en Diez caras del Universo, se atreven a narrar con tal desparpajo un asunto tan serio como la errónea búsqueda del éter luminífero. Su burla a la cultura clasicista donde una palabra griega, de rancia estirpe, mantiene impedidos a los científicos para ver lo que 30 años antes había ya descubierto Maxwell, permite dar a la ciencia su verdadera dimensión: la humana.

Los fragmentos que aparecen en el capítulo 6, y que hemos analizado en los párrafos anteriores, son parte de un conjunto cada vez más amplio de buenos textos de divulgación que por razones de espacio no podemos siquiera enlistar aquí. Pero quienquiera que se adentre en ese campo podrá extraer características iguales o semejantes a las que a continuación propongo:

- Apoyo en la historia y la tradición.
- Uso de ironía y humor.
- Entretejimiento de arte y ciencia.
- Uso de analogías y metáforas.
- Recurso a lo cotidiano.
- Un lugar para la metafísica y la religión.
- Referencia a la cultura popular.
- Reconocimiento de los errores humanos.
- Desacralización de la ciencia.

El uso de uno o varios de estos recursos de manera creativa, aunados a la buena escritura, han permitido que estos textos sigan vigentes. Casi podría decirse que el tema científico pasa a segundo término, como en una buena novela el argumento. Su valor radica en que despiertan placer en el lector. Tal vez para quien no conozca el lenguaje y la retórica de la ciencia, aquellos no merezcan el nombre de "recursos literarios" y solo sean

meras estrategias de comunicación. Sin embargo, para fines de contraste, veamos el siguiente párrafo extraído de un artículo científico:

Se han hecho recientemente esfuerzos extraordinarios para tratar de entender la nueva clase de óxidos de cobre superconductores de alta temperatura descubiertos por Bednorz y Müller. Aquí presentamos mediciones de alta resolución de calor específico de cuatro diferentes muestras de YBa2Cu3O7-d (YBCO) que revelan una nueva anomalía a 220K. La intensidad de la anomalía medida por su altura está relacionada con la magnitud del salto en la transición superconductora a 90K. Las mediciones de calor específico son indicadores volumétricos sensibles y confiables de fenómenos de ordenamiento en los cuerpos de los sólidos; nuestros resultados, por tanto, establecen que están teniendo lugar fenómenos de ordenamiento en el YBCO a 220K.

[Extraordinary efforts have recently been put into trying to understand the new class of high-temperature superconducting copper oxides discovered by Bednorz and Müller. Here, we present high-resolution specific heat measurements on four different samples of YBa2Cu3O7-d (YBCO) which reveal a new anomaly at 220K. The strength of the anomaly as measured by its height is related to the size of the jump at the superconducting transition at 90K. Specific heat measurements are sensitive and reliable volume probes of ordering phenomena in the bulk of solids; our results therefore establish that there are ordering phenomena taking place in YBCO at 220K.]

Que hay en ese ejemplo una estrategia de comunicación es claro, como lo es también el hecho de que no podríamos

calificarlo de literario. El uso de los recursos literarios tiene una finalidad que sobrepasa a la mera comunicación de ideas: producir para la mayoría de la gente una emoción afectiva o estética.

Dijimos en la introducción que así como el estudio de la literatura no hace mejor al escritor como creador, el análisis de esos recursos y su utilización no garantiza el éxito de su labor. No es únicamente tomar la experiencia cotidiana, o la inclusión de arte o cualquier otro recurso lo que define un buen texto de divulgación. El placer que produce el texto tiene mucho que ver con la manera en que se involucra al lector.

Para hacer más evidente lo anterior, recurramos a los contraejemplos y a algunas ideas de la teoría de Iser sobre la recepción.

Nota

[11]No está de más recalcar aquí que la polarización de ciencia y literatura, si bien distorsionada y exagerada, es una visión compartida por el público en general, y remachada constantemente por los medios de comunicación.

EL LECTOR Y EL TEXTO DE DIVULGACIÓN

Hemos analizado textos ejemplares de divulgación con cualidades literarias, lo que nos ha permitido hacer un pequeño resumen de algunos de los recursos que utilizan los grandes divulgadores en lengua inglesa para provocar el placer del lector. No es necesario advertir que no se trata de recetas ni de remedios infalibles, mucho menos de cuestiones "obligatorias". Su buen uso depende, en primera instancia, del talento, las inclinaciones y la imaginación del divulgador. Dijimos en la introducción, además, que los recursos como la analogía y la metáfora deben usarse con cautela para no incurrir en engaño al lector. [12]

Pero ¿qué sucede con aquellos textos que, aun conteniendo los elementos que hemos considerado apropiados, no podemos calificar de literarios? ¿Hay algún otro elemento importante que se eche de menos en tales textos? Para abordar esta cuestión utilizaremos el contraste, pues a menudo resulta tanto o más ilustrativo mostrar los defectos que los aciertos de algo. Recurriré también a algunas ideas que Wolfgang Iser ha expresado en torno al problema del lector y del texto.

Dos famosos divulgadores

Para muchos lectores resulta casi automático pensar en Isaac Asimov y Martin Gardner como los divulgadores del siglo XX. Si los evaluamos por la cantidad de títulos que han publicado o por el número de ejemplares vendidos, es evidente su aceptación popular. Al leerlos, notamos que ambos autores relacionan la ciencia con la cultura humanista, utilizan lo cotidiano y están bien escritos. Sin embargo, ¿por qué no causan el mismo placer que, por ejemplo, los textos de Jay Gould o de Sagan?

Veamos dos extractos de El universo ambidiestro, "Arte, música, poesía y números" de Martin Gardner:

La enorme preferencia que la naturaleza exhibe por los ejes verticales de simetría se debe, por supuesto, al simple hecho de que la gravedad es una fuerza que opera verticalmente. Como consecuencia, las cosas tienden a extenderse por igual en todas las dimensiones horizontales. El agua se extiende para formar lagos con superficies horizontales. A un lago le es indiferente si se extiende al norte o al sur, al este o al oeste, pero es incapaz de extenderse hacia arriba. Por esta razón, si se toma una fotografía de un lago y se invierte el negativo para obtener una

impresión donde la derecha es la izquierda y la izquierda es la derecha, aún se verá como un lago perfectamente ordinario. Pero si se pone la fotografía de cabeza, el agua está violando la ley de la gravedad y se verá algo que no tiene posibilidades de ocurrir en la naturaleza. Un árbol es a grandes rasgos simétrico de la misma manera que un cono es simétrico: tiene un número infinito de ejes verticales de simetría, ninguno de ellos horizontal. Nuevamente, la gravedad proporciona la explicación obvia. El árbol crece hacia arriba contra la gravedad. Tiene raíces en el suelo y hojas en el aire. Esto distingue claramente su extremo de su base. Ya que está enraizado al piso y no se mueve de lugar en lugar como un animal, no tiene frente ni tras, izquierda ni derecha. La reflexión especular de un árbol, cuando colocamos verticalmente el espejo, luce exactamente como un árbol.

La música también puede invertirse en el sentido de que las notas altas se vuelvan bajas y las bajas se vuelvan altas. Si imaginamos una Alicia no invertida del otro lado del espejo, sentada al piano y tocando una melodía familiar, esta es la clase de música que un piano invertido produciría. Si usted tiene acceso a una pianola, puede hacer lo mismo; simplemente invierta el rollo de música de modo que intercambie las notas bajas por las altas y toque el rollo hacia adelante de principio a fin. En un canon jocoso, a menudo atribuido falsamente a Mozart, la segunda melodía exhibe ambos tipos de inversión: es decir, es la misma que la primera melodía invertida de arriba a abajo y leída de atrás hacia adelante. De este modo solo esa melodía necesita imprimirse en la partitura. Una persona la canta con la página en un sentido mientras que la otra lo hace con la misma página pero vista al revés.

[The enormous preference that nature shows for vertical axes of symmetry is due, of course, to the simple fact that gravity is a force that operates straight up and down. As a consequence, things tend to spread out equally in all horizontal dimensions. Water spreads out to form lakes with horizontal surfaces. A lake is indifferent as to whether it spreads north or south, east or west, but is incapable of spreading up in the air. For this reason, if you take a photograph of a lake and reverse the negative to obtain a print in which right is left and left is right, it still looks like a perfectly ordinary lake. But if you turn the photograph upside down, the water is violating the law of gravity and you are seeing something that could not possibly occur in nature. A tree is, in a rough overall way, symmetric in the same way that a cone is symmetrical: it has an infinite number of vertical axes of symmetry, none that are horizontal. Again, gravity provides the obvious explanation. The tree grows upward against gravity. It has roots in the soil, leaves in the air. This distinguishes clearly its top from its base. Because it is rooted in the ground, and does not move from place to place like an animal, there is no front or back, no left or right. A mirror reflection of a tree, when we hold the mirror vertically, looks exactly like a tree.

Music can also be turned upside down in the sense that high notes become low and low notes high. If you imagine an unreversed Alice, on the other side of the looking glass, sitting down at a piano and playing a familiar melody, this is the sort of music the reversed piano would produce. You can do the same thing yourself, if you have access to a player piano; simply turn a roll of music around to switch low and high notes, then play the roll forward from start to finish. In a joke canon, often falsely credited to Mozart, the second melody exhibits both types of reversal: that is, it is the same as the first melody

turned upside down and read back to front. In this way only the one melody needs to be printed on a sheet of music. One person sings it with the sheet turned one way while the other person sings from the same sheet viewed upside down.]

Pasemos ahora a un extracto de la obra de Isaac Asimov, Civilizaciones extraterrestres, "Vida":

Un biofísico francés, Pierre Lecomte du Noüy, trató sobre este mismo tema [la generación espontánea de la vida en la tierra primigenia] en su libro El destino humano, que se publicó en 1947. Para entonces ya estaba completamente establecida la complejidad de la molécula de proteína y Lecomte du Noüy intentó mostrar que si los distintos átomos de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre se acomodaran por sí mismos con un orden meramente aleatorio, la probabilidad de que de esta manera llegaran a tan solo una molécula de proteína del tipo asociado con la vida era tan pequeña, que todo el tiempo de vida del universo sería insuficiente como para ofrecer algo más que una insignificante probabilidad de ocurrencia. La probabilidad, sostenía él, no podía ser responsable de la vida.

Como ejemplo de la clase de argumento que él esgrimía, considérese una molécula de proteína hecha de 100 aminoácidos, cada uno de los cuales podría ser una de veinte diferentes variedades. El número de distintas cadenas de proteínas que podrían formarse sería 10^{130}, es decir, un uno seguido de 130 ceros.

Si imaginamos que formar una de esas cadenas tomó solamente una millonésima de segundo, y que una cadena diferente estaba siendo formada al azar por un billón de científicos cada millonésima de segundo desde que el universo empezó, la probabilidad de que se formara una cadena en

particular asociada con la vida sería solo de una en 10^{95}, una probabilidad tan infinitesimal que no vale la pena considerar.

En la tierra primigenia, es más, no se partiría de aminoácidos, sino de compuestos más sencillos como el metano y el amoniaco, y se tendría que formar un compuesto mucho más complejo que una cadena de 100 aminoácidos para iniciar la vida. Las probabilidades de lograr algo en un solo planeta en unos cuantos miles de millones de años es, por lo tanto, casi cero.

El argumento de Lecomte du Noüy pareció contundente y mucha gente se dejó persuadir por él a la primera, y todavía lo hace.

Pero aun así, está equivocado.

La falacia del argumento de Lecomte du Noüy descansa en la suposición de que la sola probabilidad fue el único rector y que los átomos pueden unirse de cualquier manera. De hecho, los átomos son regidos en sus combinaciones por leyes bien conocidas de la física y la química, de modo que la formación de compuestos complejos a partir de compuestos simples está limitada por reglas severas que restringen enormemente el número de diferentes formas en que se combinan. Más aún, cuando llegamos a moléculas complejas como las de proteínas y los ácidos nucléicos, no hay una molécula en particular que se asocie con la vida, sino innumerables moléculas diferentes, todas ellas en asociación.

En otras palabras, no dependemos solo del azar, sino del azar regido por las leyes de la naturaleza, y esto es más que suficiente.

[A French biophysicist, Pierre Lecomte du Noüy, dealt with this very matter in his book, Human Destiny, which was published in 1947. By then the full complexity of the protein

molecule was established, and Lecomte du Noüy attempted to show that if the various atoms of carbon, hydrogen, nitrogen, and sulfur arranged themselves in purely random order, the chance of their arriving in this way at even a single protein molecule of the type associated with life was so exceedingly small that the entire lifetime of the Universe would be insufficient to offer it more than an insignificant chance of happening. Chance, he mantained, could not account for life.

As an example of the sort of argument he presented, consider a protein chain made up of 100 amino acids, each one of which could be any of twenty different varieties. The number of different protein chains that could be formed would be 10^{130}; that is, a one followed by 130 zeroes.

If you imagine that it took only a millionth of a second to form one of those chains, and that a different chain was being formed at random by each of a trillion scientists every millionth of a second ever since the Universe began, the chance that you would form some one particular chain associated with life would be only one in 10^{95}, which is such an infinitesimal chance it isn't worth considering.

On the primordial Earth, what's more, you wouldn't be starting with amino acids, but with simpler compounds like methane and ammonia, and you would have to form a much more complicated compound than a chain made out of 100 amino acids to get life started. The chances of accomplishing something on a single planet in a mere few billion years is just about zero, therefore.

Lecomte du Noüy's argument seemed exceedingly strong, and many people eagerly let themselves be persuaded by it and still do even today.

—Yet it is wrong.

The fallacy of Lecomte du Noüy's argument rests in the assumption that pure chance was alone the guiding factor and that atoms can fit together in any fashion at all. Actually, atoms are guided in their combinations by well-known laws of physics and chemistry, so that the formation of complex compounds from simple ones are constrained by severely restrictive rules that sharply limit the number of different ways in which they combine. What's more, as we approach complex molecules such as those of proteins and nucleic acids, there is no one particular molecule that is associated with life, but innumerable different molecules, all of which are in association.

In other words, we don't depend on chance alone, but on chance guided by the laws of nature, and that should be quite enough.]

Que están bien escritos, no cabe duda. Gardner utiliza un "lago perfectamente ordinario", una fotografía, un árbol; recurre también a la música de Mozart, a Alicia y su espejo, para mostrar la inversión de imágenes y melodías. Asimov, por su parte, recurre a la historia, hace explícito lo que son las potencias de diez, habla del azar y del siempre interesante tema del origen de la vida. Pero ¿dónde queda el lector en estos textos? Para ellos el lector es alguien parecido a un niño ignorante a quien los maestros le espetan frases como "se debe, por supuesto, al simple hecho de que", "la gravedad proporciona la explicación obvia", "a menudo falsamente atribuido a Mozart", o bien, "que no vale la pena considerar", "aun así, está equivocado", "y esto es más que suficiente".

Hay un dejo de superioridad de los autores respecto al lector, apenas menos impersonal que un libro de texto.

Aunque los casos de Asimov y Gardner parecen apuntar a lo contrario, un exceso de erudición mal disimulada y un mal

manejo de la "maestría" que el autor detenta sobre su tema, son a menudo causas suficientes para ahuyentar al lector del texto de divulgación.

El estilo docto

Los anteriores son ejemplos notables por la fama de sus autores. Veamos ahora textos que se refieren a temas muy semejantes a los de los buenos ejemplos del capítulo VI. Nuevamente refiero al lector a la bibliografía en caso de que le interesen los textos completos, para que forme su propia opinión.

Sir Denys Wilkinson, en Our Universes (Nuestros universos), "Las bondades de la coincidencia":

¿Qué podemos deducir de este notable catálogo de coincidencias que miden, de maneras tan independientes, la estrecha pero, desde nuestro punto de vista, necesaria coincidencia entre nosotros y nuestro universo?

Debo enfatizar que la coincidencia es sin duda entre nosotros y el espacio completo de nuestro universo, y no solo ahora sino siempre. Esto significa que no puede alegarse que simplemente ocupamos un nicho en el espacio y el tiempo en el universo como un todo y cuyas condiciones han sido propicias para nuestro surgimiento. Esto es verdad en el sentido trivial de que vivimos en un planeta apropiado que resulta estar apropiadamente cerca de una estrella apropiada. Pero no es verdad en el sentido de que podría pensarse también que sucede que vivimos en una parte del universo y durante un tiempo particular en que las leyes de la naturaleza y sus constantes han tomado los valores correctos como para conjuntar todas las coincidencias necesarias. Muchas de las coincidencias se refieren

al universo en su totalidad, no solamente a nuestro particular pedazo de él, y nuestra capacidad para dar una explicación racional de la totalidad del universo visible dentro de un conjunto de leyes físicas y sus constantes asociadas muestra que dichas leyes y constantes no pueden cambiar significativamente de lugar a lugar y de tiempo en tiempo dentro de él.

[What should we make of this remarkable catalog of coincidences that measures, in so many independent ways, the tight but, from our point of view, neccessary fit between us and our Universe?

I should emphasize that the fit is indeed between us and the spatial whole of our Universe and not just now but always. That is to say that it cannot be argued that we simply occupy a niche in space and time within the Universe as a whole in which conditions have been propitious for our emergence. This is true in the trivial sense that we live on a suitable planet that happens to be suitably near to a suitable star. But it is not true in the sense that we might also be thought to happen to live in a part of the Universe, and at a particular time, where and when the laws of Nature and their constants have taken the right values to bring about all the neccessary coincidences. Many of the coincidences refer to the Universe in the gross, not just to our particular bit of it, and our ability to give a rational account of the whole of the visible Universe within a single set of physical laws and their associated constants shows that those laws and constants cannot change significantly from place to place and from time to time within it.]

J. C. Polkinghorne, en The Quantum World (El mundo cuántico), "Acertijos":

La electrodinámica cuántica contiene características completamente contrarias a las expectativas que cualquier físico del siglo diecinueve podría haber admitido. Sin embargo, también existe una continuidad considerable en la que los conceptos de onda y campo desempeñan papeles vitales. El elemento controlador en este extenso desarrollo no fue la inventiva del hombre ni la presión social, sino la naturaleza del mundo como fue revelada mediante investigaciones cada vez más exhaustivas.

Consideraciones semejantes hacen que los científicos sientan que están en lo correcto al tomar posturas filosóficas realistas sobre los resultados de sus investigaciones; a suponer que están descubriendo cómo son las cosas. Cuando tratamos con la física precuántica –la física clásica, como la llamamos– esta parece una suposición particularmente franca. La analogía con el mundo "real" de la experiencia cotidiana es directa. En la física clásica puedo conocer tanto la posición de un electrón como lo que está haciendo. En un lenguaje más técnico, su posición y su momento pueden ambos conocerse simultáneamente. Un objeto así no es muy diferente de una mesa o de una vaca, de las cuales puedo tener información similar de dónde se encuentran y qué están haciendo. El electrón clásico puede concebirse, por así decirlo, como un hermano enano de los objetos cotidianos. Por supuesto, los filósofos pueden cuestionar también la realidad de la mesa y de la vaca, pero el sentido común se inclina a creer que esta es una actitud tediosamente perversa como para aplicarse a la experiencia.

[Quantum electrodynamics contains features completely contrary to the expectations which any nineteenth-century physicist could have entertained.

Nevertheless there is also considerable continuity, with the concepts of wave and field playing vital roles throughout. The controlling element in this long development was not the ingenuity of men nor the pressure of society but the nature of the world as it was revealed to increasingly thorough investigation.

Considerations like these make scientists feel that they are right to take a philosophically realist view of the results of their researches; to suppose that they are finding out the way things are. When we are concerned with pre-quantum physics –with classical physics, as we say– that seems a particularly straightforward supposition. The analogy with the "real" world of everyday experience is direct. In classical physics I can know both where an electron is and what it is doing. In more technical language, its position and momentum can both simultaneously be known. Such an object is not so very different from a table or a cow, concerning which I can have similar information of where they are and what they are doing. The classical electron can be conceived, so to speak, as just a midget brother of everyday things. Of course, philosophers can dispute the reality of the table and the cow too, but common sense is inclined to feel that that is a tiresomely perverse attitude to take to experience.]

Jeremy Bernstein, en Einstein, "La física clásica":

Una de las "conclusiones" de Maxwell fue la predicción de un fenómeno completamente nuevo: la propagación de la radiación electromagnética en el vacío. Su idea fue la siguiente: si se puede hacer que un objeto cargado vibre, entonces parte del campo electromagnético que rodea a la carga se separará y se propagará como onda, alejándose de la carga. Esta onda, al

contrario de las ondas sonoras o las ondas en el agua, se propagará, de acuerdo con las ecuaciones de Maxwell, en el espacio vacío, es decir, en un vacío absoluto. Más aún, de las ecuaciones Maxwell pudo predecir la velocidad con la que dichas ondas se propagarían. Descubrió que esa velocidad es de unas 186 000 millas por segundo: ¡la velocidad de la luz! Esta fue la primera evidencia de que la luz era un fenómeno electromagnético. Estamos tan acostumbrados a la idea de la luz –y de las ondas de radio, otra forma de radiación electromagnética– propagándose desde las estrellas, la Luna y todos los confines del universo, a través del espacio vacío, que raras veces pensamos cuán notable es el fenómeno cuando se le compara con los tipos de movimiento ondulatorio que nos son familiares y en los cuales realmente vemos que ondula algún tipo de medio material.

De hecho los contemporáneos de Maxwell tendieron a no creer todo esto, y la existencia de tales ondas electromagnéticas propagándose en el vacío no se confirmó experimentalmente sino hasta 1888, nueve años después de la prematura muerte de Maxwell, descubrimiento debido al físico alemán Heinrich Hertz, quien inventó osciladores para crear las ondas de Maxwell y receptores para detectarlas.

[One of Maxwell's "conclusions" was the prediction of an entirely new phenomenon –the propagation of electromagnetic radiation in the vacuum. His idea was the following: if one can cause an electrically charged object to vibrate, then part of the electromagnetic field surrounding the charge will become detached and will propagate away from the charge as a wave. This wave, unlike sound waves or water waves, will, according to the Maxwell equations, propagate in empty space, i.e., in total vacuum. Moreover, from the equations, Maxwell could predict

the speed at which these waves would propagate. He discovered that this speed was about 186,000 miles a second –the speed of light! This was the first clue that light was an electromagnetic phenomenon. We are so accustomed to the idea of light –and radio waves, another form of electromagnetic radiation– propagating through empty space from the stars, the moon, and all corners of the universe, that we hardly give any thought as to what a remarkable phenomenon it is when compared to the kinds of wave motion that are familiar to us in which we actually see some sort of material medium undulating. In fact Maxwell's contemporaries were inclined to disbelieve the whole affair, and the existence of such propagating electromagnetic waves in vacuum was only confirmed experimentally in 1888, nine years after Maxwell's early death, by the German physicist Heinrich Hertz, who invented oscillators to create the Maxwell waves and receivers to detect them.]

John D. Barrow y Joseph Silk, en The Left Hand of Creation (La mano izquierda de la creación), "Conclusiones y adivinanzas":

En muchos aspectos, el universo está diseñado para la vida. Es suficientemente templado, suficientemente viejo, y suficientemente estable como para evolucionar y sostener la frágil bioquímica de la vida. Las leyes de la naturaleza permiten que existan los átomos, que las estrellas fabriquen carbono y que las moléculas se repliquen, pero solo por un estrecho margen. ¿Son coincidencia todos estos hechos? ¿Debemos simplemente concluir que nuestro universo no es solo uno de muchos posibles universos, incluso reales, sino uno de un subgrupo selecto que permite que evolucionen observadores vivientes? Este particular universo debería necesariamente

poseer la combinación especial de circunstancias que sostienen la vida, que son los prerrequisitos para que haya observadores. ¿O solo hay un universo posible con vida íntimamente ligada a su estructura global? ¿Fue afinado perfectamente el cosmos para que la vida evolucionara? El hecho de que nuestro universo es sorprendentemente hospitalario para con la vida con toda seguridad no es un efecto evolutivo inevitable. El hecho de que las leyes de la naturaleza permitan apenas, por un muy estrecho margen, que existan estrellas con sistemas planetarios no es una circunstancia sujeta a variación evolutiva. El mundo posee o no esas propiedades invariantes. Un cierto número de propiedades universales independientes son tan ventajosas para la evolución de la vida que casi parecen diseñadas con la predestinación de nuestra aparición. ¿Podrían ser estas notables "coincidencias" el camuflaje de un Gran Diseñador?

[In many respects, the universe is tailor-made for life. It is cool enough, old enough, and stable enough to evolve and sustain the fragile biochemistry of life. The laws of nature allow atoms to exist, stars to manufacture carbon, and molecules to replicate –but only just. Are all this things coincidences? Should we simply conclude that our universe is not just one of many possible, or even actual, universes, but one of a select subgroup that allows living observers to evolve? This particular universe would necessarily possess the special combination of life-supporting circumstances that are the prerequisites for observers. Or is there but one possible universe and life intimately bound-up with its global structure? Was the cosmos finely tuned to evolve life? The fact that our own universe is unexpectedly hospitable to life is certainly not an inevitable evolutionary effect. The fact that the laws of nature barely, but only barely, allow stable stars to exist with planetary systems

today is not a circumstance subject to evolutionary variation. The world either possesses such invariant properties or it does not.

A number of independent properties of the universe are so advantageous to the evolution of life that it almost appears designed with our emergence predestined. Could these remarkable "coincidences" be the camouflage of a Grand Designer?]

Nuevamente, como en el caso de Gardner y Asimov, los textos están bien escritos. Wilkinson, al igual que Barrow y Silk, habla de las coincidencias que dan lugar al origen de la vida; Polkinghorne, de las dificultades de empatar los mundos clásico y cuántico; Bernstein, de la propagación de las ondas electromagnéticas. Y nuevamente encontramos el trato del maestro al alumno:

- "esto significa que no puede alegarse que simplemente...";
- "esto es verdad en el sentido trivial de que...";
- "contiene características completamente contrarias a las expectativas que cualquier...";
- "esta parece una suposición particularmente abierta";
- "estamos tan acostumbrados a la idea de la luz propagándose a través del espacio vacío";
- "con toda seguridad no es un efecto evolutivo inevitable".

Esta sutileza, que podríamos llamar "el trato al lector", es tan importante como los otros recursos. Los libros de texto escolares y la enseñanza formal tienen objetivos y modos de evaluación bien diferentes a los de la divulgación; el divulgador no debe confundirlos. La palabra "aprendizaje" en la divulgación tiene un sentido mucho más amplio; el conocimiento se

comparte, no se imparte. El buen divulgador se comunica con un lector inteligente, sea cual sea su edad y su grado de escolaridad.

El trato al lector

Para ejemplificar ese trato al lector, me referiré al libro de John L. Casti, Paradigms Lost (Paradigmas perdidos). Casti descompone el problema de la naturaleza única de la humanidad en problemas individuales: su estructura física y bioquímica, sus patrones de comportamiento social, sus capacidades lingüísticas de comunicación, sus procesos cognitivos de pensamiento, su presencia en la galaxia y su papel como observadores en el universo. La conjunción de todos estos temas en un mismo libro ya de sí habla de la erudición del autor, erudición que nunca se nota, por cierto, en su manera de dirigirse al lector. Parte de su originalidad descansa en la unificación de temas aparentemente disgregados. Pero además su estilo es sumamente novedoso: "En aras de la explicación, utilizo el formato de un juzgado para presentar las posiciones contendientes en cada uno de los tópicos del libro". Casti hace al lector parte del jurado y lo invita a tomar posición en la solución de problemas que hasta hoy han probado ser insolubles. A pesar del ingenio, la amenidad y el sentido del humor presentes, el libro no es fácil en el sentido burdo del término; requiere un esfuerzo intelectual considerable por parte del lector. Aun así, la recompensa es el placer.

Hace algunos meses mientras discutía este proyecto con un colega, hice de pasada la observación de que en verdad esperaba que el libro fuera un éxito. Desafortunadamente, no es el tipo de amigo que me suelte después de una observación dicha a la

pasada. "¿Y cuál es tu criterio personal en cuanto al éxito?", preguntó. Resistiendo el impulso natural de decir "la venta de cientos de miles (o más) de ejemplares el primer día, junto con brillantes reseñas en todos los lugares apropiados", repliqué finalmente que consideraría que todo el esfuerzo habría valido la pena si durante un largo vuelo me sentara junto a alguien que estuviera leyendo el libro y que al final del vuelo este compañero anónimo se volviera hacia mí y me preguntara, "¿Ha leído usted este libro?" En ese momento, negando tener conocimiento del libro, esperaría escuchar las palabras mágicas "Pues se lo recomiendo ampliamente. No solo porque aprendí algo que ni siquiera sabía que me interesaba, sino porque me divertí al hacerlo". Afortunadamente, este es todavía mi criterio principal.

Y el lector anónimo es cualquiera de nosotros.

El problema del lector y su relación con el texto es la materia de estudio de la teoría de la recepción. Esta considera al lector como uno de los polos de la obra literaria, el elemento que concreta el texto creado por el autor.

El carácter "virtual" del texto

En el mundo infinitamente pequeño de las partículas subatómicas, cualquier intervención sobre un sistema físico, digamos con fines de observación, causa un cambio en él, de modo que la observación siempre presenta problemas de incertidumbre. El ejemplo más socorrido es el de un electrón al que se va a observar, cosa que solo puede hacerse iluminándolo, es decir, dirigiéndole un haz de fotones. Pero en esa escala, un fotón ya es capaz de alterar al electrón y cambiar drásticamente su velocidad y su posición. ¿Qué hemos observado entonces? Al

electrón, pero ya perturbado. Esto da una idea de la imposibilidad de medir con toda exactitud y simultáneamente la velocidad y la posición de una partícula sub-atómica, porque al hacerlo siempre interferiremos con su estado original. La medición de una de esas variables inevitablemente hace impredecible el resultado de una subsecuente medición de la otra.

Este problema, tan real y físico, se tornó en uno filosófico. La interpretación de la escuela de Copenhage dice que no tiene sentido pensar que el electrón posee realmente una posición o velocidad particulares a menos que las hayamos medido. Podemos preguntarnos entonces cómo sabemos que un objeto cuántico existe en ausencia de mediciones. La respuesta es que no lo sabemos, y este argumento puede extenderse a los objetos que no pertenecen a la escala cuántica. ¿Pero acaso los objetos están en estado de existencia suspendida hasta que los observamos? ¿Hasta qué punto son virtuales un electrón y un texto?

Si, según Popper, algo es real cuando puede afectar el comportamiento de un objeto físico, entonces son reales los propios objetos y los procesos cerebrales. Pero ¿son también reales los productos de la mente? Un texto literario, un teorema matemático, una pieza musical, no son objetos físicos. Un texto no es el papel y la tinta, ni la luz que en ellos se refleja para llegar al ojo. Sin embargo, se considera real porque afecta los procesos mentales del ser humano. Su realidad se establece solo por la intervención de la conciencia humana. Sin ella, la interacción sería imposible.

"El texto solamente toma vida cuando es concretizado" dice Wolfgang Iser. Esto significa que el texto no pierde su carácter "virtual" sino hasta que es leído. Además, el texto está

"modificado" por la lectura, por cada lector. ¿Qué sucede en particular con el texto de divulgación de la ciencia?

El proceso de lectura

La convergencia de texto y lector dota a la obra literaria de existencia y, como mencioné en la introducción, esta consideración es muy importante para la divulgación. En efecto, si la divulgación no toma en cuenta al receptor puede perder su sentido primordial: comunicar. ¿Pero cómo saber de qué manera es recibido un texto? Tomemos algunas de las ideas de Iser que pueden ser útiles en el análisis de la divulgación, ya que este autor se ha interesado en la cuestión particular de cómo y bajo qué condiciones un texto tiene significado para el lector.

En contraste con la interpretación tradicional, que ha buscado dilucidar un significado oculto en el texto, Iser considera al significado como el resultado de una interacción entre texto y lector, como un efecto que se experimenta y no como un objeto que se define. Entonces, si el objeto estético se constituye solo mediante un acto de cognición por parte del lector, el interés ya no se centra en el texto como objeto sino en el acto de lectura como proceso. La obra literaria no es únicamente texto ni solamente la subjetividad del lector, sino una combinación o fusión de los dos. Iser concibe el texto como un objeto intencional cuyo efecto comunicativo puede provocar el papel activo del lector que el texto le designe. De acuerdo con esto, Iser explora a lo largo de su obra tres dominios. El primero se refiere al texto en cuanto a su potencial para permitir y manipular la producción de sentido. Iser considera el texto como un esqueleto de aspectos esquematizados que deben ser concretizados por el lector; las estructuras textuales y los actos estructurados de comprensión son dos polos en el acto de

comunicación. En segundo lugar, Iser investiga el procesamiento del texto al leer. De importancia central en este punto son las imágenes mentales formadas al intentar construir un objeto estético consistente y cohesivo. La memoria, el interés, la atención y la capacidad mental afectan a la manera en que el contexto pasado se hace presente. La aprehensión del texto depende de agrupamientos gestálticos y se puede definir esta gestalt como autocorrelación de signos textuales. La parte del lector en la gestalt consiste en identificar la conexión entre signos; la autocorrelación impide que el lector proyecte un significado arbitrario del texto.

Finalmente, Iser se dedica a la estructura comunicativa de la literatura para examinar las condiciones que dan lugar a y gobiernan la interacción texto-lector. Al considerar estas tres áreas, Iser espera clarificar no solo cómo se produce el significado, sino qué efectos tiene la literatura sobre su lector.

"Un texto literario debe concebirse de tal modo que comprometa la imaginación del lector" dice Iser, pues la lectura únicamente es placentera cuando es activa y creativa; ya hemos discutido este precepto refiriéndonos a la divulgación. Sin embargo, aunque la imaginación del lector participe activamente, "el texto escrito impone ciertos límites a sus implicaciones no escritas". El texto de divulgación, muy especialmente, tiene límites. Al hablar de las características de la divulgación como recreación, decía yo que hay un compromiso con la fidelidad al concepto científico; aunque las palabras "implicación" y "fidelidad" se podrían prestar a muchas interpretaciones, el acto de recreación debe tomarse en su sentido literal, es decir, dar nueva forma a algo que ya existe.

Por otro lado, "Las expectativas casi nunca se cumplen en los textos verdaderamente literarios [...] Cualquier efecto de confirmación constituye un defecto en un texto literario. Pues

cuanto más individualiza o confirma un texto una expectativa que ha suscitado originalmente, más cuenta nos damos de su propósito didáctico, de manera que a lo sumo solo podemos aceptar o rechazar la tesis que se nos impone". Si tomamos en cuenta esta opinión, parecería que la divulgación está permeada por ese "defecto". Sin embargo, ya hemos visto que los propósitos "pragmáticos" (en este caso didácticos) de hoy pueden pasar a ser "no pragmáticos" en el futuro. Nada impide que los Diálogos acerca de dos nuevas ciencias de Galileo, escritos con evidente intención didáctica, sean hoy tema de análisis literario, y este es uno de muchos ejemplos del carácter cambiante de la recepción de un texto.

Respecto al papel del lector, Iser dice: "el lector, al establecer interrelaciones entre pasado, presente y futuro, en realidad hace que el texto revele su multiplicidad potencial de conexiones, producto de la mente del lector". Por otro lado, "el lector tiene que aceptar ciertas perspectivas dadas, pero con ello inevitablemente hace que interactúen". Es por ello que el divulgador debe poner especial cuidado en la profundidad y complejidad de los conceptos tratados en el texto de divulgación, ya que ese "inevitablemente", que tiene que ver con los conocimientos, las experiencias y las lecturas previas del lector, no necesariamente obra en su favor. Así como el texto literario "activa nuestras propias facultades, permitiéndonos recrear el mundo que presenta", el texto de divulgación puede llegar a activar y hasta reforzar nuestro apego al pensamiento precientífico y a nuestros conceptos erróneos. Un ejemplo de esto se encuentra en la divulgación de la ley de conservación de la energía: ¿cómo abordarla, cuando "energía" para el público es algo que se gasta y se repone comiendo un chocolate, o bien, "energía" es sinónimo de "energético" y todos sabemos que hay que ahorrar "energía"?

Otra noción de Iser es que los textos literarios "no corresponden a ninguna realidad objetiva exterior a ellos mismos". Si el texto literario elabora su propio mundo, esto es mucho más patente en los textos de divulgación científica, donde la realidad es el continuo espacio-tiempo de la relatividad, la estructura atómica de la materia, la dualidad onda-partícula. La dificultad de plasmar esta realidad está íntimamente ligada al problema de la representación.

Siempre que el curso se ve interrumpido y a nosotros se nos abren caminos en direcciones inesperadas, se nos presenta la ocasión de poner en juego nuestra propia facultad para establecer conexiones, para llenar los huecos dejados por el propio texto. Cada lector llenará los huecos a su modo.

En la divulgación, este es un problema muy delicado: el acto de representar mentalmente un concepto científico abstracto es bastante más complicado que imaginarnos a un personaje, a un ambiente o a un sentimiento.

En un texto literario únicamente podemos representar mentalmente cosas que no están presentes [...] La "representación" que se produce en nuestra imaginación es tan solo una de las actividades mediante las cuales formamos la gestalt de un texto literario. Esta gestalt no viene dada en el texto mismo; surge del encuentro entre el texto escrito y la mente individual del lector con su particular historia de experiencias, su propia conciencia, su propia perspectiva. La gestalt no es el significado verdadero del texto; a lo sumo, se trata de un significado configurativo; [...] la comprensión es un acto individual consistente en ver cosas en conjunto, y solo eso. En el caso de un texto literario tal comprensión es inseparable

de las expectativas del lector, y allí donde tenemos expectativas nos encontramos con una de las armas más potentes del arsenal del escritor: la ilusión.

Sin embargo, "una sobredosis de ilusión puede desembocar en trivialidad". El "sencillo brinco" que ofrecen muchos textos de divulgación para pasar por ejemplo de los trenes, linternas y campanas al concepto abstracto de la teoría especial de la relatividad, y que correspondería al llenado de huecos, se traduce no solo en trivialidad, sino en un engaño al lector, si tomamos la divulgación en un sentido estrictamente didáctico.

Sobre este último punto hay un ejemplo muy ilustrativo. Los superconductores son materiales que conducen la corriente eléctrica sin pérdidas: un superconductor no presenta resistencia eléctrica. El fenómeno de la superconductividad se observa a escala macroscópica, pero su naturaleza proviene de fenómenos cuánticos. Transcurrieron muchos años para que se lograra una teoría que explicase correctamente los hechos; esta, la teoría BCS, se basa en la organización de pares de electrones (llamados pares de Cooper) mediada por las vibraciones de la red atómica en un sólido. La interacción de los electrones es un concepto complejo, abstracto y solo expresable matemáticamente. ¿Cómo explicar al lego la superconductividad?

En cierta revista de divulgación se encuentra la siguiente representación de los pares de Cooper, que parafraseo: "hagan ustedes de cuenta que los electrones son bueyes. Sabemos que estos animales tienden a irse cada uno por su lado. Si los uncimos a un yugo, los bueyes tendrán que moverse unidos. Por tanto, les será más fácil librar los obstáculos, es decir, la resistencia eléctrica. Pues bien, el yugo es semejante a la interacción mediada por las vibraciones de la red".

El lector queda feliz con la explicación. Ha llenado los huecos a su manera, y en su representación mental, los electrones son algo así como animalitos y la interacción es tangible y sólida como un yugo. El hueco enorme que el creador de esta representación no se ha tomado la molestia de llenar, es el que va de la realidad física al modelo físico, y de este a la metáfora.

No se trata, craso error de muchos científicos, de darle toda la información al lector para convertirlo en experto. Pero recrear correctamente el conocimiento científico, de manera que el lector pueda integrarlo a su cultura, implica que el divulgador sea consciente de cuáles huecos son llenables por el lector y de cuáles no lo son.

Como la literatura, la divulgación tiene que formar a sus lectores. Es la repetida acción de muchos textos literarios lo que enseña a leer (llenar los huecos) adecuadamente. Lo mismo ocurre con la divulgación, es decir, va uno pasando de hacer lecturas malas (superficiales, distorsionadas, insensibles) a hacer buenas lecturas (profundas, selectivas, críticas).

Puede no estarse totalmente de acuerdo con Iser, pero la aplicación de algunas de sus ideas al texto de divulgación resulta enriquecedora porque permite vislumbrar problemas no solo jamás analizados, sino ni siquiera reconocidos como tales.

Nota

[12]Véase la nota 4, en la Introducción.

CONCLUSIONES

Retomemos las preguntas que nos planteamos al inicio de este trabajo con el fin de saber hasta qué punto hemos sido capaces de dar respuesta a algunas de ellas.

Los capítulos sobre la historia de la divulgación nos permitieron responder a la cuestión de si la divulgación nace con la propia ciencia o si surge cuando esta se especializa. El primer planteamiento fue que consideramos ciencia a la disciplina que nace a partir de la unión de teoría y experimentación, la ciencia moderna. A partir de esta definición, seguimos el proceso de alejamiento, primero lento y luego cada vez más rápido, de la ciencia y el público culto. Este

distanciamiento crece conforme su lenguaje se superespecializa, se hace más abstracto y matemático, de modo que se pierde la comunicación textual entre científicos y legos. La divulgación se perfila entonces como una labor diferente a la de la actividad propiamente científica. Al mismo tiempo, la evolución del concepto de divulgación corre paralela a la transformación del lenguaje especializado, porque se requiere un esfuerzo extra para comunicarse y un conocimiento de la manera en que tal labor ha de realizarse. En el capítulo dedicado a los clásicos nos preguntamos por qué la obra de Gamow, que en su momento fue modelo a seguir por los divulgadores, nos parece hoy ingenua. Podríamos contestar que los conceptos de la ciencia se han complicado tanto que tal estilo simple ya no tiene la suficiente capacidad para solucionar el problema de divulgarlos. El estilo ha cambiado porque el concepto de divulgación también lo ha hecho; ha recorrido el camino desde la explicación didáctica hasta un concepto integral de cultura. La etapa infantil o juvenil de la divulgación en la que nos quedamos dormidos sobre los libros de ciencia y soñamos con un mundo donde la velocidad de la luz es menor, no pasa de ser ahora un recurso de imaginación elemental. Salvadas las diferencias, podríamos recurrir al símil de lo que en ciencia ficción va de Julio Verne a Fred Hoyle.

La historia del alejamiento de las dos culturas hasta convertirse en mundos que no solo no se tocan sino que se repelen, consecuencia en parte de la diferencia de lenguajes, nos ha mostrado también las dificultades de abordar la labor de divulgación. El rechazo que el público experimenta en general por la ciencia tiene mucho que ver con las características de la disciplina, con la conducta de los propios científicos, con la manera en que se enseña la ciencia y con la dificultad de

relacionar los hechos cotidianos con algo que parece ajeno al resto de las actividades y preocupaciones humanas.

La mirada a la divulgación nos ha servido para responder a la pregunta sobre cuál es el fin de la divulgación. De entrada habíamos dicho que no es la enseñanza, puesto que esta actividad tiene otro enfoque, distintas miras e incluso una evaluación característica, cuyas cualidades y defectos atañen a pedagogos, maestros y psicólogos. Otros han dicho que el objetivo de la divulgación es vocacional, cosa que habría que analizar de raíz y darle seguimiento: ¿cuántos lectores de Paul de Kruif se han convertido en biólogos, por ejemplo? Hemos visto también que muchos autores le asignan a la divulgación un valor eminentemente político y social, como parte de la responsabilidad en la toma de decisiones futuras de una sociedad idealizada que alberga científicos aún más idealizados. Estos fines no son excluyentes. Me inclino por la corriente que le asigna un valor estético, como a muchas otras actividades intelectuales.

¿Es igual la divulgación hecha por científicos a la hecha por no científicos? La respuesta requiere un análisis comparativo detallado. Sin embargo, podemos decir (y los clásicos lo constatan) que en la mayoría de los casos la unión de ambas actividades es la situación más deseable. El divulgador debe cubrir un amplio panorama de las ciencias y este deber se facilita con su formación en la disciplina.

Si divulgar es recrear de alguna forma el conocimiento, ¿cuánta debe ser su profundidad? ¿Para quién se recrea? La divulgación se puede realizar a diferentes niveles que en general tienen que ver con los distintos estratos educativos del público al que está dirigida. Se divulga para niños, para adolescentes, para "todo público"; se hace divulgación entre científicos, incluso pertenecientes a la misma especialidad; hay quienes se

precian de divulgar para las "amas de casa". Para mí, estas diferencias deberían borrarse. Creo que la obra de divulgación ha de considerar como suyo a cualquier lector, sin distinciones, sin hacer compartimentos estancos.

El problema de interesar al lector es del divulgador, no del público. La pregunta abierta de si existen conceptos que por su complejidad no puedan divulgarse es parte de lo mismo: encontrar la manera es nuestra labor y nuestra responsabilidad.

¿En qué reside el éxito del texto de divulgación? He tratado de hacer patente que es la concepción de la divulgación como literatura la que asegura su aceptación y permanencia. La que toma recursos literarios, la que involucra preocupaciones humanas, la que recrea en el sentido de expresión personal e innovadora. La que no mira a la ciencia como conocimiento aislado sino que la sumerge en el mar de las preocupaciones intelectuales que los seres humanos comparten. Basada en que el concepto de literatura es cambiante y poco preciso, me atrevo a afirmar que el día que las antologías literarias incluyan a Jay Gould y a Sagan, a Dawkins y a Hoyle, se habrá dado un gran paso en la cultura. Si se defiende el valor de estas y muchas otras obras de divulgación científica como literatura, independientemente de su tema, se habrá cimentado una tradición literaria más flexible y por lo tanto más completa. El esfuerzo extra que algunos suponen que se requiere para leer sobre ciencia tendrá el peso de una conseja y no de una realidad.

¿Cómo son recibidos por el lector los textos de divulgación? Esta es una pregunta que involucra muchos más factores que los que someramente vislumbramos aquí. La teoría de la recepción puede aportar muchas soluciones y esto resta para otro trabajo más extenso.

Queda también por analizarse, entre otros muchos problemas relacionados con la divulgación, la cuestión de la variable del idioma. El estudio de los géneros y las estrategias narrativas en la divulgación es otro tema que merece estudiarse ampliamente. Asimismo, es asunto de otro ensayo la respuesta a cómo puede el divulgador salir adelante con el compromiso de la fidelidad al concepto científico, y la respuesta tendría que ver también con la cuestión de si hay conceptos que no son divulgables; todo esto está ligado con el problema de la representación.

De lo anterior, es claro que falta ubicar el papel que desempeñan el texto crítico y la teoría literaria como campos mediadores entre el texto de divulgación y la literatura. Hemos presentado numerosos textos de divulgación, "buena" y "mala", pero no basta el contraste entre unos y otros para percatarse de sus diferencias. Para ello parece ser necesario diseñar una serie de criterios literarios que permitan evaluar sus características. Sin embargo, también debe existir un repertorio de criterios científicos que garanticen la seriedad con la que se trata el tema, así como las partes indispensables para dar una visión adecuada del objeto de conocimiento científico presentado por el divulgador.

Espero con este ensayo haber pintado un panorama, lo más amplio posible dentro de su brevedad, de los nexos de la buena divulgación con la literatura. Espero también que los recursos literarios que hemos citado, los ejemplos y los contraejemplos, puedan ser útiles para el divulgador. Para aquellos que, como es mi caso, provienen del ámbito científico, tal vez sería deseable haber comprobado esa relación en el sentido estricto. Pero sabemos que no es un asunto de método, sino de sensibilidad. Y para consuelo mío, puedo citar las palabras que Sigmund Freud pronunciara ante las abrumadoras evidencias desfavorables

contra la tesis central de uno de sus libros: "Pero no debemos dejarnos engañar por la prueba".

BIBLIOGRAFÍA

Nota: Además de las obras a las que se hace referencia explícita en el texto, esta bibliografía incluye otras obras de utilidad para el lector interesado en el tema. Los textos para los que existe traducción al español se han citado entre corchetes.

Adorno, T., Notes to Literature, vol. I, Nueva York, Columbia University Press, 1991.

Asimov, Isaac, Extraterrestrial Civilizations, Nueva York, Crown, 1979.

Atkins, Peter W., The Creation, San Francisco, Freeman, 1981 [La Creación, Biblioteca Científica Salvat, Barcelona,

19XX].

Babini, José, El siglo de las luces: ciencia y técnica, Buenos Aires, Centro Editor de América Latina, 1971.

Banville, John, "Beauty, charm and strangeness: science as metaphor", Science, vol. 281, pág. 40, 1998.

Barrow, John D. y Joseph Silk, The Left Hand of Creation, Nueva York, Basic Books, 1983.

Bernal, John D., La ciencia en la historia, México, Nueva Imagen, 1991.

Bernstein, Jeremy, Einstein, Nueva York, Penguin, 1973.

Bronowski, J., The Ascent of Man, Boston, Little, Brown and Co., 1973.[El ascenso del hombre, versión española de Alejandro Ludlow Wieches, México, Fondo Educativo Interamericano, 1979].

_____, The Common Sense of Science (Cambridge: Harvard University Press, 1981).

Bronowski, J. y B. Mazlish, The Western Intellectual Tradition, Nueva York, Harper Torchbooks, 1960.

Brush, Stephen G., The Temperature of History, Nueva York, Burt Franklin, 1975.

Calder, Nigel, Timescale, Nueva York, Viking Penguin, 1983.

Casti, John L., Paradigms Lost, Nueva York, W. Morrow, 1989.

Conant, James B., "Sobre la ciencia como cultura", Prenci, marzo 1983.

Curtis, Ron, "Narrative Form and Normative Force: Baconian Story-Telling in Popular Science", Social Studies of Science, vol. 24, núm. 3, 1994.

Davies, Paul, Superforce, Nueva York, Simon and Schuster, 1984 [Superfuerza, traducción de Domingo Santos, Barcelona, Salvat (Biblioteca Científica Salvat, núm. 4), 1985].

Dawkins, Richard, The Selfish Gene, 2ª. edición, Londres, Paladin, 1989 [El gen egoísta, traducción de Juana Robles Suárez y José Tola Alonso, Barcelona, Salvat (Biblioteca Científica Salvat, núm. 5), 1993].

Dixon, B., From Creation to Chaos, Oxford, Basil Blackwell, 1989.

Eagleton, T., Una introducción a la teoría literaria, México, Fondo de Cultura Económica, 1988.

Einstein, Albert, Relativity, Londres, Methuen, 1979 [La relatividad, versión en español de Ute Schimdt de Cepeda, México, Grijalbo, 1970].

Estrada, Luis, La divulgación de la ciencia, México, UNAM, (Cuadernos de Extensión Universitaria), 1981.

_____, "Acerca de la divulgación de la ciencia", Prenci, octubre 1985.

Friedman, Alan J. y Donley, Carol C., Einstein as Myth and Muse, Cambridge, Cambridge University Press, 1985.

Galileo Galilei, Dialogues Concerning Two New Sciences, Nueva York, Dover, 1954.

Gamow, George, Mr Tompkins in Wonderland, Nueva York, Cambridge University Press, 1953 [El breviario del señor Tompkins, traducción de Francisco González Aramburo, México, Fondo de Cultura Económica (Breviarios, núm. 323), 1985].

García, Alicia, "Saber y placer", Prenci, octubre 1988.

Gardner, Martin, The Ambidextrous Universe, Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1979 [El universo ambidiestro, vols. I y II, traducción y adaptación de Joan Tarrés Freixenet, Barcelona, RBA (Biblioteca de Divulgación Científica, núm. 28 y 29), 1993].

Goldsmith, Maurice, The Science Critic, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1986.

Goodfield, June, Reflections on Science and the Media, Washington, American Association for the Advancement of Science, 1981.

Gould, Stephen Jay, Bully for Brontosaurs, Nueva York, W. W. Norton, 1991 ["Brontosaurus" y la nalga del ministro, traducción y adaptación de Joandomènec Ros, Barcelona, RBA, (Biblioteca de Divulgación Científica, núm. 61), 1994].

Gould, S. Jay, "Adam's Navel", Natural History, vol. 98, No. 6, 1984 ["El ombligo de Adán", en La sonrisa del flamenco, traducción y adaptación de Antonio Resines, Barcelona, RBA, (Biblioteca de Divulgación Científica, núm. 84), 1995].

Greenstein, George, The Symbiotic Universe, Nueva York, Quill William Morrow, 1988.

Gribbin, John, En busca del gato de Schrödinger, Barcelona, Salvat (Biblioteca Científica Salvat, núm. 20), 1986.

Haldane, J. B. S., El tiempo en la biología, traducción de Norma Castro, México, UNAM (Suplementos del Seminario de problemas científicos y filosóficos, núm. III/6 UNAM, 1967.

_____, On Being the Right Size, Nueva York, Oxford University Press, 1985.

_____, "Cómo escribir un artículo de divulgación científica", en Prenci, año 7, núm. 68, enero de 1986.

Hazard, Paul, European Thought in the Eighteenth Century, Londres, Penguin, 1954.

Holub, Robert, Reception Theory, Londres, Methuen, 1984.

Hoyle, Fred, Ten Faces of the Universe, San Francisco, Freeman, 1977.

Huxley, Aldous, Literatura y ciencia, Buenos Aires, Sudamericana, 1979.

Iser, Wolfgang, "El proceso de lectura: enfoque fenomenológico", traducción de Eugenio Contreras a "The

Reading Process: A Phenomenological Approach", New Literary History, 3, págs. 279-299, 1972.

Jeans, James, The Universe Around Us, Nueva York, Cambridge University Press, 1960.

Joshua, S., y J.-J. Dupin, Introduction a la didactique des sciences et des mathematiques, París, Presses Universitaries de France, 1993.

Killian, James R., Sputnik, Scientists and Eisenhower, Cambridge, MIT Press, 1977.

Knight, David, The Age of Science, Nueva York, Basil Blackwell, 1986.

Kuhn, Thomas S. La estructura de las revoluciones científicas, México, Fondo de Cultura Económica (Breviarios, núm. 213), 1971.

López Beltrán, Carlos, "La creatividad en la divulgación de la ciencia", Naturaleza, vol. 14, núm 5, págs. 291-297, 1983.

_____, "Las dos culturas y la historia", Prenci, año 8, núm. 79, 1986.

Losee, John, A Historical Introduction to the Philosophy of Science, Nueva York, Oxford University Press, 1980.

Lotman, Yuri M., Estructura del texto artístico, Madrid, Istmo (Colección Fundamentos, no. 58), 1978.

Olson, Richard, Science deified and Science defied, Berkeley, University of California Press, 1982.

Papp, Desiderio y José Babini, El siglo del iluminismo, Buenos Aires, Espasa-Calpe, 1955.

Platt, John Rader, The Excitement of Science, Wesport, Greengood, 1962.

Polkinghorne, J. C., The Quantum World, Londres, Longman, 1984.

Rae, Alistair, Quantum Physics: illusion or reality?, Cambridge, Cambridge University Press, 1986.

Reyes, Alfonso, Las burlas veras, México, Fondo de Cultura Económica (Colección Tezontle), 1959.

Río, Fernando del, "El vulgo y la ciencia", Naturaleza, vol. 14 núm. 5, 1983.

Sagan, Carl, Cosmos, Nueva York, Random, 1980 [Cosmos, traducción de Miquel Muntaner i Pascual y Ma. del Pilar Moya Tasis, Barcelona, Planeta, 1980].

_____, The Cosmic Connection, Nueva York, Anchor, 1973 [La conexión cósmica, traducción de Jaime Piñeiro, Barcelona, Orbis (Biblioteca de Divulgación Científica Muy Interesante, núm. 1), 1987].

Sampson, George, The Concise Cambridge History of English Literature, Cambridge, Cambridge University Press, 1970.

Sánchez Mora, Ana María, "Sobre la elaboración de artículos de divulgación científica (la colaboración divulgador-investigador)", Ciencia, vol. 42, págs. 351-354, 1991.

_____, "Sobre la elaboración de artículos de divulgación científica: periodistas e investigadores", Ciencia, vol. 44, págs. 247-252, 1993.

Shamos, Morris, "The Lesson Every Child Need not Learn", The Sciences, vol. 28, núm. 4, págs. 14-20, julio-agosto, 1988.

Slade, Joseph W., "Grand Narratives Scrutinized", Science, vol. 264, págs. 980-981, 1994.

Snow, C. P., The Two Cultures, Londres, Cambridge University Press, 1978.

Steiner, George, Language and Silence, Londres, Penguin, 1969.

Urban, Wilbur, Lenguaje y realidad, México, Fondo de Cultura Económica, 1979.

Voltaire, Cartas filosóficas, Madrid, Sarpe, 1983.

Wilkinson, Denys, Our Universes, Nueva York, Columbia University Press, 1991.

Williams, Bernard, Descartes, Nueva York, Penguin, 1978.

Wolpert, Lewis, "The message for the books", New Scientist, vol. 142, núm. 1928, pág. 39, 1994.

Wolpert, Lewis y Alison Richards, A Passion for Science, Nueva York, Oxford University Press, 1988.